

Modelli per la pianificazione locale di filiere energetiche da biomassa forestale

*Original*

Modelli per la pianificazione locale di filiere energetiche da biomassa forestale / CERINO ABDIN, Giulio. - (2015).  
[10.6092/polito/porto/2614664]

*Availability:*

This version is available at: 11583/2614664 since: 2015-07-13T13:42:46Z

*Publisher:*

Politecnico di Torino

*Published*

DOI:10.6092/polito/porto/2614664

*Terms of use:*

Altro tipo di accesso

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

POLITECNICO DI TORINO

Dottorato in Energetica – XXVII ciclo

## Modelli per la pianificazione locale di filiere energetiche da biomassa forestale



Candidato: ing. Giulio Cerino Abdin

Tutor: ing. Alberto Poggio



## Sommario

<b>I. Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>II. Abstract</b>	<b>3</b>
<b>III. Stato dell'arte</b>	<b>4</b>
<b>IV. Metodologia e strumenti</b>	<b>7</b>
IV.1. Parco edilizio residenziale – Modello di calcolo dei fabbisogni energetici invernali del parco edilizio residenziale	7
IV.1.1. Database di dettaglio ISTAT 2001	9
IV.1.2. Ipotesi introdotte al database di dettaglio ISTAT 2001	10
IV.1.3. Metodologia di calcolo	11
IV.1.4. Taratura del modello	21
IV.1.5. Elaborazione e georeferenziazione dei dati raccolti	21
IV.2. Parco impiantistico residenziale – Modello di stima e evoluzione	22
IV.2.1. Origine dei dati	22
IV.2.2. Definizione delle abitazioni servite da dispositivi a biomassa	23
IV.2.3. Simulazione degli effetti dell'incentivazione in Conto Energia Termico	27
IV.2.4. Rendimenti dei dispositivi alimentati a biomassa	28
IV.3. Analisi di scenario del settore edilizio e impiantistico residenziale	29
IV.3.1. Efficientamento del parco dispositivi	29
IV.3.2. Efficientamento della copertura degli edifici	30
IV.3.3. Efficientamento delle superfici opache verticali	30
IV.3.4. Efficientamento delle superfici trasparenti	31
IV.3.5. Scenari di intervento	31
IV.4. Edifici e impianti a servizio del settore terziario pubblico – Indagine territoriale	32
IV.4.1. Contatto delle PA locali	32
IV.4.2. Raccolta dati	33
IV.4.3. Elaborazione e georeferenziazione dei dati raccolti	33
IV.5. Impianti energetici a biomassa legnosa – Indagine territoriale	36
IV.5.1. Raccolta dati	36
IV.5.2. Scheda raccolta dati	37
IV.5.3. Georeferenziazione degli impianti	46

IV.6. Analisi di scenario di impianti di teleriscaldamento a biomassa legnosa	47
IV.6.1. Valutazione dei fabbisogni	47
IV.6.2. Stima della curva di carico	49
IV.6.3. Produzione di calore e cogenerazione	50
IV.6.4. Interazione con i sistemi di teleriscaldamento esistenti	53
<b>V. Applicazione del modello</b>	<b>54</b>
V.1. RENERFOR – Inquadramento territoriale	54
V.2. Applicazione del modello – Calcolo dei fabbisogni di energia netta e primaria del parco edilizio residenziale	58
V.2.1. Fabbisogno di energia primaria a servizio dell'area teleriscaldata metropolitana	58
V.2.2. Fabbisogno di energia primaria relativo ai consumi comunali di gas naturale	59
V.2.3. Taratura del modello	61
V.2.4. Consumi di gasolio in Provincia di Torino	62
V.3. Consumi di biomassa nel settore residenziale	64
V.3.1. Parco dispositivi a biomassa presente al 2001	64
V.3.2. Evoluzione del parco dispositivi nel periodo 2002-2011	64
V.3.3. Calcolo dei consumi di biomassa del settore residenziale	65
V.3.4. Analisi di scenario	76
V.4. Consumi di biomassa nel settore terziario pubblico e industriale	77
V.4.1. Impianti esistenti	77
V.4.2. Edifici del settore terziario pubblico	79
V.4.3. Analisi del potenziale di sviluppo di reti di teleriscaldamento	81
V.4.4. Calcolo dei consumi di biomassa del settore industriale e terziario	84
<b>VI. Analisi dei risultati</b>	<b>85</b>
VI.1. Valutazione del potenziale di realizzazione di filiere energetiche innovative	85
VI.1.1. Provvigioni e indici di prelievo e assortimenti delle produzioni forestali	86
VI.1.2. Classi di priorità	87
VI.2. Valutazione della domanda locale	96
VI.3. Analisi di scenario	96

VI.4. Valutazione della sostenibilità di filiera	100
VI.5. Risultati conseguibili a livello di area RENERFOR	101
<b>VII. Conclusioni</b>	<b>104</b>
<b>VIII. Bibliografia</b>	<b>106</b>



# I. Introduzione

---

L'attività di dottorato condotta si colloca in un momento di particolare attenzione verso lo sfruttamento della biomassa forestale per fini energetici.

Le politiche comunitarie europee [1] [2] hanno infatti definito obiettivi vincolanti sfidanti al 2020 e successivi traguardi sono previsti al 2030 per tutti gli stati membri.

Rispetto alla riduzione dei gas ad effetto serra il traguardo comunitario impone una riduzione dei gas serra pari al 20% al 2020 [1] e al 40% al 2030 [2], con valori valutati rispetto all'anno base 1990. Obiettivi analoghi sono stati definiti rispetto alla produzione energetica da fonti rinnovabili: con target di produzione energetica da fonti rinnovabile pari al 20% rispetto ai consumi di energia finale al 2020 [1] e previsti pari al 27% al 2030 [2].

Un contributo necessario al raggiungimento di tali obiettivi è richiesto dallo sviluppo delle filiere agro e silvo-energetiche, con particolare interesse verso la pianificazione di filiere bosco-legno-energia.

Da sempre l'attività di pianificazione di filiere energetiche da biomassa forestale locale risulta oggetto di indagine e sviluppo di metodologie volte da un lato alla quantificazione dell'offerta di biomassa territoriale e dall'altro all'analisi dei consumi già presenti nel territorio di indagine.

Di contro, se l'analisi della producibilità di biomassa da foresta ha avuto notevoli sviluppi attraverso analisi territoriali di dettaglio sempre crescente, la valutazione della domanda di biomassa da parte del settore residenziale è sempre stata interessata da analisi di tipo puntuale, campionamenti statistici e studi mirati all'esclusiva quantificazione dei consumi. Tali stime ottenute nel settore residenziale, presentano però criticità nell'analisi di scenari futuri, poiché la quantificazione dei consumi non presenta alcuna informazioni riguardo le tipologie impiantistiche e edilizie degli edifici ai quali è legata.

Obiettivo del presente studio è lo sviluppo di una metodologia basata su uso di dati ad oggi già disponibili a livello nazionale, in grado di consentire un elevato grado di dettaglio nella stima della domanda di biomassa ai fini energetici.



L'attenzione nello sviluppo del modello è rivolta alla capacità di mantenere una correlazione fra la domanda di biomassa e l'utenza presso la quale tale fonte è utilizzata, permettendo così la realizzazione di analisi di scenario e valutazione dei risultati conseguibili da politiche volte alla realizzazione di filiere energetiche locali sostenibili.

## II. Abstract

---



### III. Stato dell'arte

---

A livello europeo differenti studi sono stati ad oggi rivolti verso la valutazione della domanda e offerta di biomassa ai fini energetici, concentrando l'attenzione sugli obiettivi previsti dalle politiche comunitarie in essere [1] e in fase di definizione [2].

Secondo studi condotti sul territorio comunitario [3], [4], l'evoluzione della domanda di biomassa a fini energetici prevista per gli anni 2010-2030 comporterà un raddoppio dei consumi, passando da un valore di 74 mtep/anno (2010) fino a valori attesi di 158 mtep/anno (2030).

Focalizzando l'attenzione sul settore residenziale, l'evoluzione presenta un andamento stazionario, valutando i consumi di legna da ardere attesi da 33 Mtep/anno a 32 Mtep/anno. Diversamente il consumo di pellet è previsto in costante crescita, portando rispetto all'anno 2010 un incremento da 5 Mtep/anno a 17 Mtep/anno al 2030.

L'analisi dei dati disponibili in letteratura [3] permette inoltre di focalizzare l'attenzione sul bilancio atteso tra domanda e offerta di biomassa forestale a livello europeo.

In particolare secondo i differenti scenari considerati nello studio [3], al 2030 è previsto un forte disequilibrio fra domanda e offerta locale, con un deficit di disponibilità di biomassa locale variabili tra circa 100 ÷ 400 Mm<sup>3</sup>, valutati attraverso scenari ad elevata e ridotta capacità di approvvigionamento.

Con riferimento alle politiche pianificatorie nazionali, ad oggi tra i driver principali verso lo sfruttamento delle risorse forestali troviamo gli obiettivi vincolanti al 2020. Tali traguardi sono stati definiti mediante analisi condotte su scala nazionale e puntano ad un crescente ricorso alla biomassa forestale quale fonte energetica.

In particolare, in accordo con le politiche comunitarie, al 2020 è prevista, per il settore residenziale nazionale, una produzione energetica da biomassa stimata a circa 3,9 Mtep/anno, di cui 3,3 Mtep da dispositivi domestici e 0,6 Mtep/anno da reti di teleriscaldamento.

A livello locale, focalizzando l'attenzione sulle indagini fino ad oggi svolte nella regione Piemonte, alcuni dati sono disponibili a livello di aggregato provinciale con riferimento alla stima di domanda di biomassa [5]. Dati di dettaglio rispetto alle stime di offerta di biomassa, sono invece presenti su tutto il territorio regionale, con indagini in grado di fornire informazioni in merito alla disponibilità di biomassa retraibile da singole particelle forestali gestite secondo criteri stringenti di sostenibilità ambientale [6].

Sulla base degli studi condotti da IPLA s.p.a. al 2007 la domanda di legna da ardere del settore residenziale è stata stimata pari a 614 ktep/anno (circa 2,45 Mt/anno).

I dati disponibili inerenti la retraibilità da boschi gestiti secondo criteri di sostenibilità ambientale in regione Piemonte, indicano una disponibilità di biomassa destinabile alla produzione di legna da ardere stimata a circa 7,9 Mt di legname fresco (con tenore idrico al 50%), considerando 15 anni di sfruttamento continuativo delle foreste. Tale dato se riportato a valori annuali di biomassa con tenore idrico al 30% (uso in dispositivi domestici) può essere ricondotto a un valore di circa 0,35 Mt/anno. I dati ad oggi disponibili indicano quindi un disequilibrio fra domanda e offerta sul territorio della regione Piemonte fortemente in deficit e dipendente da politiche di utilizzo non sostenibile delle foreste e grossi quantitativi di import da regioni e nazioni confinanti.

A fronte di politiche di aumento nell'uso di fonti rinnovabili presso le utenze, gli obiettivi comunitari presentano però vincoli stringenti anche in termini di riduzione dei consumi energetici a livello europeo.

L'analisi di tale settore ha portato quindi in questi ultimi anni allo sviluppo di differenti metodologie, con lo scopo di valutare i fabbisogni energetici residenziali e effettuare analisi di scenario sugli stessi.

Molto spesso però la capacità di analisi di tali strumenti risulta strettamente legata alla disponibilità di dati di dettaglio descrittivi del parco edilizio oggetto di indagine, e alla capacità di mantenere tale dettaglio nelle valutazioni condotte.

Negli ultimi decenni si è quindi assistito ad una continua evoluzione e definizione di modelli, in grado di valutare i fabbisogni energetici invernali del settore residenziale. Articoli di review disponibili in letteratura [7], [8] hanno focalizzato l'attenzione sui punti di forza e debolezza delle principali metodologie applicate, distinguendo essenzialmente tali indagini secondo due metodologie: bottom-up e top-down.

Attualmente lo studio dei fabbisogni energetici invernali del settore residenziale e la valutazione di interventi di risparmio energetico sono condotti principalmente attraverso la definizione di edifici utilizzati come standard di riferimento [9] [10] [11]. Analisi basate su tali approcci sono state condotte anche sul territorio della regione Piemonte [12].

L'approccio, seppur condotto con elevato dettaglio di indagine trova difficoltà nella valutazione dei consumi di combustibili non tracciabili (legna da ardere, pellet, gasolio), poiché tale informazione risulta difficilmente valutabile secondo tipologie edilizie di riferimento, in quanto fortemente variabile anche all'interno di aree geografiche limitrofe. L'uso di legna e gasolio risulta infatti elevato in aree a ridotta metanizzazione, o aree con disponibilità di risorsa

forestale la cui localizzazione e caratterizzazione non è pensabile mediante definizione di edifici caratterizzanti l'intero parco edilizio residenziale.

A fronte di tali difficoltà, la valutazione dei consumi di biomassa del settore residenziale tipicamente è condotta attraverso indagini telefoniche [5] e questionari [13] coinvolgendo direttamente i consumatori finali.

Tali tipologie di indagine, basate su indagini statistiche effettuate su campioni rilevanti di popolazione, presentano però alcune problematiche. In particolare la possibilità di ripetere l'indagine in momenti successivi richiede elevati tempi di raccolta e elaborazione dati, difficilmente realizzabili. Secondariamente tali indagini focalizzano l'attenzione solo sulla raccolta di dati necessari all'indagine, non fornendo informazioni sulla tipologia di utenza e caratteristiche impiantistico/edilizie degli utilizzatori finali.

Questa metodologia trova quindi difficoltà nell'integrare indagini svolte a livello di analisi del parco edilizio residenziale e poco si presta alla possibilità di realizzare indagini di scenario e valutazione di interventi pianificatori.

## IV. Metodologia e strumenti

---

La metodologia alla base delle analisi è stata sviluppata all'interno dell'attività di dottorato condotta e ha visto l'applicazione nell'ambito del progetto Europeo RENERFOR ([www.renerfor.eu](http://www.renerfor.eu)). L'analisi, volta a valutare i fabbisogni energetici di biomassa legnosa, interessa mediante differenti valutazioni i settori residenziale, terziario e industriale.

In particolare possiamo distinguere le seguenti fasi di studio:

- Settore residenziale:
  - Definizione dei fabbisogni energetici del parco edilizio per l'anno base;
  - Analisi di evoluzione dei fabbisogni diffusi di biomassa (caldaie, apparecchi) tramite indagine di mercato;
  - Analisi di scenario;
- Settore terziario e industriale:
  - Valutazione dei fabbisogni esistenti di biomassa tramite censimento;
  - Analisi di evoluzione tramite valutazione del potenziale di installazione di reti di teleriscaldamento a biomassa.

Il modello è stato sviluppato in ambiente Matlab® al fine di consentire una rapida elaborazione dei dati oggetto di indagine.

### IV.1. Parco edilizio residenziale – Modello di calcolo dei fabbisogni energetici invernali del parco edilizio residenziale

Lo scopo della seguente analisi è lo sviluppo di una metodologia di analisi e modellizzazione del fabbisogno energetico del parco edilizio residenziale al fine di quantificarne la domanda di combustibili legnosi (legna da ardere, pellet). Obiettivo dell'analisi risulta inoltre la capacità di mantenere un elevato grado di dettaglio nello studio, fornendo informazioni di carattere edilizio degli edifici analizzati nonché informazioni riguardo i combustibili e gli impianti energetici presenti nelle abitazioni oggetto di indagine. La necessità di garantire una caratterizzazione dettagliata del parco edilizio e impiantistico, oltre a influire sulla stima della domanda di biomassa, consentirà una maggiore capacità di elaborazione di scenari complessi, come di seguito descritto.

Sulla base dei dati di maggior dettaglio caratterizzanti il parco edilizio presenti attualmente sul territorio italiano è stata elaborata e successivamente applicata una metodologia di analisi locale con possibilità di estensione al territorio nazionale.

La metodologia utilizzata è riassumibile nelle seguenti fasi di indagine:

1. Analisi di dettaglio del settore residenziale, al fine di definire per ogni edificio/abitazione:
  - a. Caratteristiche termiche dell'edificio;
  - b. Caratteristiche dell'impianto termico dell'abitazione;
  - c. Combustibile/i in uso presso l'abitazione.
2. Validazione del modello tramite confronto con dati reali.
3. Valutazione del fabbisogno di biomassa del settore residenziale per l'anno di riferimento dello studio, analisi di evoluzione per gli anni successivi.
4. Analisi di scenario, tramite la variazione delle caratteristiche degli edifici oggetto di studio.

I calcoli e le indagini presentate sono effettuate sulla base dei dati di censimento resi disponibili da ISTAT, con dettaglio su singola abitazione. L'attività di ricerca condotta (avviata nell'anno 2011) ha visto l'utilizzo dell'ultima serie di dati disponibili, rappresentata dal database relativo al "14° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni", effettuato durante il mese di ottobre 2001.

Tale dato fornisce la base di partenza necessaria alla valutazione del fabbisogno energetico dell'edificio, attraverso il quale saranno poi valutati i consumi energetici delle singole abitazioni.

Nella lettura del presente documento si fa riferimento alle seguenti definizioni, in conformità con quanto indicato da ISTAT.

**Abitazione (Alloggio/Unità abitativa):** *Alloggio costituito da un solo locale o da un insieme di locali (stanze e vani accessori), costruito con quei requisiti che lo rendono adatto ad essere dimora stabile di una o più persone, anche nel caso in cui una parte sia adibita ad ufficio (studio professionale, ecc.). Dotato di almeno un accesso indipendente dall'esterno (strada, cortile, ecc.) o da spazi di disimpegno comune (pianerottoli, ballatoi, terrazze, ecc.) un accesso cioè tale che non comporti il passaggio attraverso altre abitazioni. Separato da altre unità abitative da pareti. Inserito in un edificio.*

**Edificio:** *Si intende per edificio una costruzione di regola di concezione ed esecuzione unitaria; dotata di una propria indipendente struttura; contenente spazi utilizzabili stabilmente da persone per usi destinati all'abitazione c/o alla produzione di beni e/o di servizi, con le eventuali relative pertinenze; delimitata da pareti continue, esterne o divisorie, e da coperture; dotata di almeno un accesso dall'esterno.*

#### IV.1.1. Database di dettaglio ISTAT 2001

Vengono di seguito presentati i dati in forma grezza forniti da ISTAT e disponibili a livello nazionale. Tali dati, oggetto dell'analisi, sono definiti nella seguente matrice, definita "Database di dettaglio ISTAT 2001".

Le informazioni presentate sono fornite a livello di singola abitazione, aggregando i valori solo nel caso di abitazioni con identici valori per tutti i 25 campi descrittivi.

Tabella IV-1 – Database di dettaglio ISTAT 2001

1	Comune	Codice ISTAT comune
2	SEZ	Codice Sezione Censimento ISTAT
3	EDIF	Codice Edificio
4	ED013	Codice che identifica il tipo di edificio 01 - Residenziale
5	AB111A	Riscaldamento centralizzato
6	AB111B	Riscaldamento fisso autonomo
7	AB111C	Apparecchi fissi per tutta l'abitazione
8	AB111D	Apparecchi fissi per parti di abitazione
9	AB111E	Nessun impianto di riscaldamento
10	AB112A	Impianto a metano, GAS
11	AB112B	Impianto a gasolio
12	AB112C	Impianto a GPL
13	AB112D	Impianto a legna
14	AB112E	Impianto a energia elettrica
15	AB112F	Impianto a olio combustibile
16	AB112G	Impianto a carbone
17	AB112H	Impianto a energia solare
18	AB112I	Impianto altro combustibile/energia
19	Cl_piani	N° piani (in classi)
20	Anno	Classe di anno di costruzione dell'edificio
21	cl_sup	Classe di superficie dell'abitazione
22	AB080	Superficie dell'abitazione (valore assoluto)
23	tipo_occup	Tipo occupazione: 1: abitazione occupata da almeno 1 persona dimorante abitualmente 2: abitazione occupata solo da persone non dimoranti abitualmente 3: abitazione non occupata
24	num	N° abitazioni
25	TIPO_LOC	Tipo località: 1: centro abitato 2: nucleo abitato 3: località produttiva 4: case sparse

All'interno del database possiamo distinguere tre classi di informazioni essenziali per l'analisi:



- Localizzazione geografica dell'abitazione con grado di dettaglio crescente Comune – Sezione censuaria - Edificio;
- Impianti energetici dell'abitazione con dettaglio del combustibile utilizzato e presenza di più impianti;
- Dati costruttivi e altre informazioni dimensionali.

#### *IV.1.2. Ipotesi introdotte al database di dettaglio ISTAT 2001*

##### **Numero di piani (cod. 19 – Cl\_piani)**

Il valore di numero di piani rappresenta un codice unico per l'intero edificio a cui appartiene l'abitazione, tale codice risulta quindi equivalente per tutte le abitazioni localizzate nello stesso edificio.

Il codice riporta il dettaglio del numero di piano per edifici con un numero massimo di piani pari a 10. Per edifici con più di 10 piani è presente un'unica classe, non essendo disponibile un dato descrittivo di maggior dettaglio a tali edifici è stato assegnato nel presente studio un numero di piani pari a 11 piani.

L'errore attribuibile a tale assunzione interessa un numero di edifici per la Provincia di Torino pari al 3% del totale. Tale assunzione risulta però interessare maggiormente il comune di Torino mentre è da ritenersi trascurabile per i comuni analizzati a livello regionale ad esclusione del comune capoluogo (unico comune con presenza di città a carattere metropolitano), per i quali gli edifici ad elevato numero di piani risultano pari allo 0,35% del totale.

Con riferimento alla città di Torino dai dati disponibili del catasto edilizio informatizzato è inoltre possibile ricavare come gli edifici di altezza pari a 11 m rappresentino circa il 70% del totale. Non essendo disponibile da catasto la destinazione d'uso degli edifici è stata effettuata un'analisi puntuale sul restante 30%. Verificato che per tali edifici è attribuibile una destinazione d'uso mista residenziale/uffici e che tale dato non è quindi totalmente rappresentativo del parco edilizio residenziale oggetto di indagine si è assunto che l'attribuzione di un numero di piani pari a 11 possa essere rappresentativo dell'intero parco edilizio residenziale e non sia fonte di errori eccessivi, considerato lo scopo pianificatorio del presente studio.

##### **Tipo occupazione (cod. 23 – tipo\_occup)**

Nel presente studio risulta importante evidenziare come il codice 23 “tipo\_occup” relativo al tipo di occupazione sia stato considerato relativo a “prime case” per i codici 1 e 2, in cui gli occupanti risiedono o hanno un domicilio, e che effettuano un uso continuativo dell'abitazione.

Diversamente le “seconde case” e le abitazioni momentaneamente “non occupate” vengono identificate dal codice 3 “*abitazione non occupata*”. L’ipotesi di inserire le “seconde case” all’interno delle abitazioni non occupate trova un riscontro pratico dall’analisi a livello di Regione Piemonte dei dati ISTAT relativi ai comuni montani ad elevata vocazione turistica invernale. In tali comuni si riscontra infatti una percentuale di “abitazioni non occupate” che si attesta a valori prossimi al 90%. Tali valori risultano chiaramente non rappresentativi di abitazioni non occupate, se non con le assunzioni effettuate. Si riportano in Tabella IV-2 alcuni valori rappresentativi, relativi ai comuni con più elevata presenza di abitazioni non occupate della provincia di Torino.

Tabella IV-2 - Tipologia di godimento delle abitazioni presso alcuni comuni montani

<b>Nome</b>	<b>% abitazioni di abituale dimora</b>	<b>% abitazioni di non abituale dimora</b>	<b>% abitazioni non occupate</b>
Sauze d'Oulx	8%	0%	92%
Prali	9%	0%	91%
Sestriere	9%	1%	90%
Pragelato	8%	2%	90%

#### *IV.1.3. Metodologia di calcolo*

Viene di seguito analizzata la procedura di calcolo implementata nello studio.

#### ***Caratteristiche geometriche del parco edilizio***

Attraverso i dati relativi all’ubicazione dell’abitazione è possibile individuare univocamente l’edificio di appartenenza, definendo il comune e la sezione di censimento in cui lo stesso risulta dislocato.

È stato quindi realizzato a partire dalla *Database di dettaglio ISTAT 2001* un database relativo ai singoli edifici, di cui le abitazioni risultano gli elementi costituenti.

Sulla base dei dati di partenza è stato quindi possibile descrivere anche l’edificio attraverso le tre classi di informazioni

- Ubicazione dell’edificio (Sezione-Comune);
- Impianti energetici delle abitazioni con dettaglio dei combustibili utilizzati;
- Dati costruttivi, informazioni dimensionali, numero di abitazioni presenti nell’edificio

#### *Volumetria [V] e altezza [h]*

Nel presente studio il calcolo della volumetria delle abitazioni e degli edifici è effettuato sulla base del valore di superficie (Cod. 22 – AB080). Il volume è quindi ricavato definendo l’altezza

dei locali distinta per epoca di costruzione (Cod. 20 – Anno) e per zona climatica, come indicato in Tabella IV-3.

Tabella IV-3 - Altezza di interpiano distinta per epoca di costruzione dell'edificio

	Fino al 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dal 1992
Sezioni di censimento urbane*	3.2	3.2	3	3	2.7	2.7	2.7
Zona climatica E	3.2	3.2	3	3	2.7	2.7	2.7
Zona climatica F	2.5	2.5	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

\*Si considerano urbane le sezioni di censimento con una densità edilizia [ $\text{m}^3$  edifici/ $\text{m}^2$  sezione] superiore a  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . Per il calcolo si assume preliminarmente un'altezza interpiano pari a 3 m.

#### Superficie in pianta dell'edificio [ $S_{base}$ ]

Il calcolo della superficie in pianta è effettuato a livello di edificio come rapporto fra la superficie totale [ $S_{tot}$ ] (somma dei contributi delle singole abitazioni) e il numero di piani dell'edificio stesso.

#### Dimensioni in pianta dell'edificio [ $L_{max}$ ; $L_{min}$ ]

Noto il valore della superficie in pianta dell'edificio è possibile attraverso alcune ipotesi ricavare le dimensioni in pianta dello stesso.

In particolare sono stati considerati i seguenti casi:

*Edifici con un massimo di 2 abitazioni:* per tali edifici la pianta dell'edificio è ipotizzata a forma quadrata. Noto il valore di superficie le dimensioni sono univocamente definite.

$$L_{max} = L_{min} = \sqrt{S_{base}}$$

*Edifici con più di 2 abitazioni:* per tali edifici si ipotizza una pianta rettangolare. È inoltre imposto che un lato dell'edificio risulti essere pari a 9 m. Il secondo lato è calcolato sulla base del valore di superficie in pianta.

$$L_1 = 9 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{S_{base}}{L_1}$$

$$L_{max} = \max(L_1; L_2)$$

$$L_{min} = \min(L_1; L_2)$$

*Spessore delle pareti:* viene ipotizzato uno spessore delle pareti pari a 0.5 m.

#### Superficie della copertura [ $S_{roof}$ ]

Il valore relativo alla superficie della copertura è considerato in prima approssimazione pari alla superficie in pianta dell'edificio.

### Superficie di involucro [ $S_{ext}$ ]

La superficie esterna dell'edificio è valutata sulla base delle dimensioni in pianta e dell'altezza dell'edificio, considerando uno spessore di soletta, oltre l'altezza interpiano, pari a 30 cm.

$$S_{ext} = S_{base} + S_{roof} + 2 \cdot (L_1 + L_2) \cdot n_{floor} \cdot (h + 0,30)$$

### Contiguità con altri edifici

Il valore di contiguità dell'edificio con altre strutture edilizie risulta essenziale al fine di valutare le superfici disperdenti della struttura, e ricavare quindi il fabbisogno energetico. Come meglio analizzato in seguito realtà metropolitane e comuni periferici presentano differenti tipologie di sviluppo urbano, caratterizzata da presenza maggiore di edifici isolati o accorpati, e quindi con differenti valori di contiguità.

Non essendo disponibile il dettaglio di contiguità con altri edifici nel database di dettaglio è effettuata una stima sulla base dei dati resi disponibili come dato aggregato da ISTAT.

In particolare si fa riferimento alla tavola “*Edifici ad uso abitativo per epoca di costruzione e contiguità con altri edifici*” ottenibile dall'applicativo ISTAT di consultazione dei dati [14].

I dati ottenuti sono stati ricavati valutando la contiguità degli edifici [ $C$ ] distinguendo i dati disponibili a livello provinciale, dai dati noti per i “grandi comuni”, come indicato sull'applicativo online di ISTAT [14].

Come esempio si riportano le analisi effettuate per la Provincia di Torino e Cuneo, scorporando da tali valori i dati del Comune di Torino, per ottenere un dato di maggior dettaglio per le aree oggetto di indagine.

Si riportano in Tabella IV-4 i valori di contiguità ottenuti. Tali valori si riferiscono al numero di lati contigui presente nell'intero parco edilizio. La contiguità così valutata è stata utilizzata nei calcoli con riferimento al lato più corto dell'edificio.

Tabella IV-4 – Contiguità [ $C$ ] con altri edifici (numero di lati) – Esempio di dato disponibile per le province di Torino, Cuneo e comune di Torino.

	Fino al 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dal 1992
Provincia di Torino	1.04	0.80	0.46	0.25	0.18	0.28	0.32
Comune di Torino	1.43	1.38	1.28	1.05	0.76	0.71	0.78
Provincia di Cuneo	0.99	0.75	0.54	0.32	0.24	0.33	0.39

I valori ottenuti per il comune di Torino, caratterizzato da elevata urbanizzazione, sono stati utilizzati in fase di calcolo come riferimento per le sezioni urbane situate in entrambe le province di analisi.

I valori di contiguità indicati per la provincia di Torino e Cuneo sono stati invece usati come riferimento per le sezioni di censimento non urbane situate nelle rispettive province.

#### Superficie delle pareti vetrate [ $S_{windows}$ ]

Non essendo disponibile un dato di dettaglio relativo alla superficie vetrata degli edifici, il valore è stato calcolato con riferimento alla superficie totale dell'edificio.

I valori riportati in Tabella IV-5 riportano i dati utilizzati. I valori fanno riferimento a un analogo studio relativo ai fabbisogni di grandi parchi edilizi effettuato presso il Politecnico di Torino [15].

Tabella IV-5 – Rapporto superficie vetrata [ $S_{windows}$ ] e superficie calpestabile dell'edificio [ $S_{tot}$ ]

Prima del 1919	Dal 1919 al 1945	Dal 1946 al 1961	Dal 1962 al 1971	Dal 1972 al 1981	Dal 1982 al 1991	Dopo il 1991
1/8	1/8	1/6	1/6	1/6	1/6	1/6

#### Superficie delle pareti opache disperdenti [ $S_{wall}$ ]

Noto il valore relativo alla superficie esterna di ciascun edificio il dato relativo alla sola superficie delle pareti opache è ottenuto sottraendo alla superficie di involucro i contributi dati dagli altri elementi disperdenti (tetto, basamento, vetri) e la superficie pareti contigue non disperdenti.

$$S_{wall} = S_{ext} - S_{roof} - S_{base} - S_{windows} - [L_{max} \cdot C \cdot (h + 0,30)]$$

#### Rapporto S/V

Attraverso i dati calcolati è stato possibile calcolare il rapporto fra le superfici disperdenti e il volume dell'edificio (Rapporto S/V). Considerando il volume calcolato in precedenza e la superficie S definita da:

$$S = S_{roof} + S_{base} + S_{windows} + S_{wall}$$

Tale analisi è stata necessaria al fine di applicare i ragionamenti descritti in seguito e relativi al calcolo del fabbisogno degli edifici. Attraverso i risultati ottenuti è stato inoltre possibile ottenere una verifica della bontà delle ipotesi di forma effettuate per gli edifici.

Si riporta in Figura IV-1 l'analisi relativa al rapporto S/V rispetto al numero di piani dell'edificio. L'analisi, relativa agli edifici situati in Provincia di Torino presenta valori medi

confrontabili con gli studi effettuati da ARPA Lombardia<sup>1</sup>. La variabilità dei dati non risulta inoltre affetta da errori consistenti, presentando maggiori valori di scostamento per edifici caratterizzati da un minor numero di piani, giustificabile dalla maggior variabilità delle tipologie costruttive degli edifici stessi.

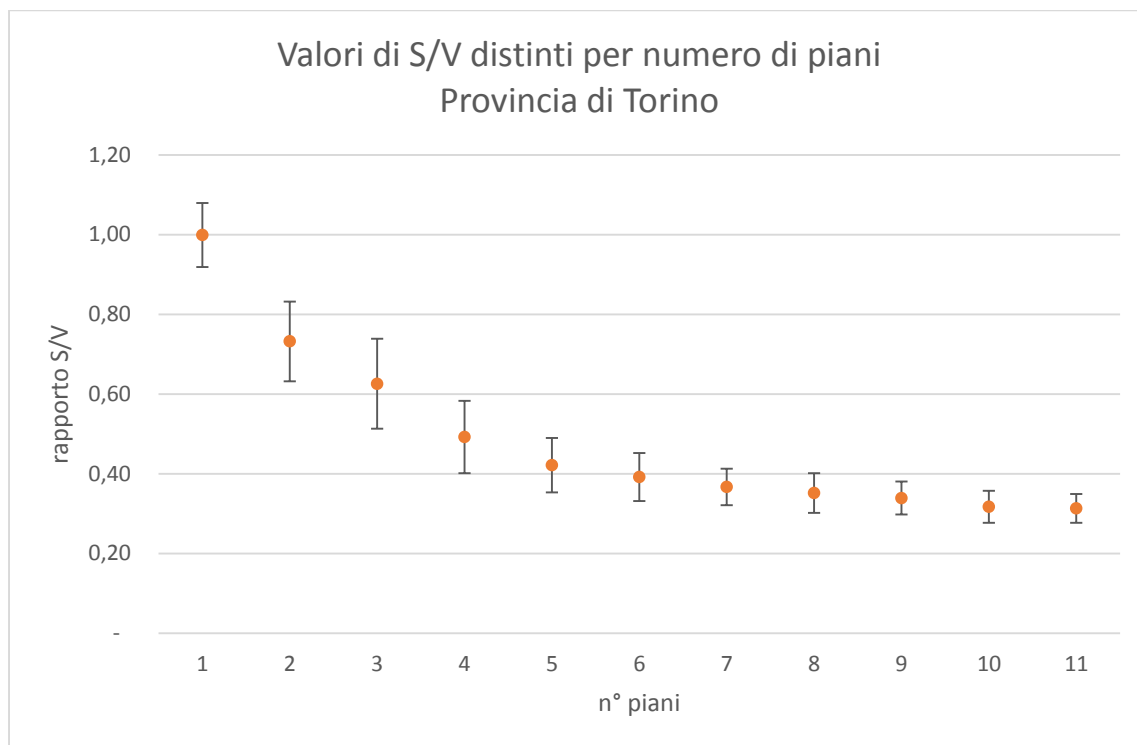


Figura IV-1 - Risultati analisi valori S/V in funzione del numero di piani dell'edificio. Dati relativi alla Provincia di Torino

### ***Caratteristiche termiche del parco edilizio***

#### **Dispersioni attraverso le superfici dell'edificio**

La valutazione delle dispersioni termiche attraverso le superfici dell'edificio è effettuata mediante il calcolo del coefficiente di dispersione volumica dell'edificio -  $C_d$  [W/m<sup>2</sup>].

Tale grandezza una volta ricavata risulterà caratteristica di ciascuna abitazione costituente l'edificio. Il calcolo è distinto in due distinte metodologie, sulla base dell'anno di costruzione dell'edificio.

Per edifici costruiti precedentemente agli anni '80 il valore è ottenuto attraverso l'attribuzione a ciascun elemento disperdente del valore di trasmittanza termica, secondo le ipotesi illustrate in seguito.

<sup>1</sup> ZABOT S., La gestione energetica degli edifici: prospettive – soluzioni – costi – proposte. Centro Congressi Palazzo delle Stelline Milano – 11 Novembre 2004.

Per edifici costruiti successivamente agli anni '80 il valore è ottenuto considerando il rispetto dei limiti di legge introdotti, facendo riferimento alla L.373/1976 [16] per il decennio 1981-1991 e alla successiva L.10/1991 [17] per gli edifici costruiti in data successiva al 1991. I valori sono desunti analiticamente sulla base dei valori noti di rapporto S/V e dei Gradi Giorno valutati in conformità con quanto indicato nell'Allegato A al DPR 412 del 26 agosto 1993 [18].

#### Edifici costruiti in data precedente al 1981

Come definito il calcolo del coefficiente di dispersione volumica è ottenuto attraverso la valutazione delle potenze disperse noti i valori di trasmittanza di tutti gli elementi dell'edificio.

In particolare vengono distinti 4 elementi costituenti:

- Pareti opache verticali
- Superfici vetrate
- Copertura
- Basamento

Pareti opache verticali: nel caso di pareti opache, in analogia al già citato studio effettuato presso il Politecnico di Torino [15] sono stati considerati i valori riportati in Tabella IV-6. Nell'analisi è stata introdotta una correzione sul valore di trasmittanza per edifici situati in fascia climatica F e con anno di costruzione precedente al 1946. Tali edifici, situati in aree di carattere più montano, presentano infatti caratteristiche costruttive leggermente differenti, a causa della maggior probabilità di utilizzo di pareti in pietra/misto pietra. Il valore di trasmittanza considerato caratterizza quindi la differente stratigrafia delle pareti.

Superfici vetrate: per la valutazione delle dispersioni delle superfici vetrate il valore di base è stato assunto in analogia agli studi citati [15]. Il valore pari a  $5.00 \text{ W/m}^2\text{K}$  risulta caratteristico di componenti finestrati costituiti da singola lastra vetrata. Tale tipologia risulta però poco rappresentativa per edifici situati in fascia climatica F e edifici con riscaldamento autonomo. Per tali complessi si è pertanto considerato un valore di trasmittanza corretto, sulla base della maggior possibilità di sostituzione degli infissi con componenti caratterizzati da doppia lastra vetrata. Vengono pertanto indicati in Tabella IV-6 i valori utilizzati nei calcoli. Nel caso di edifici situati in fascia F il valore è ottenuto considerando un 60% di infissi con doppio vetro, nel caso di impianti con riscaldamento autonomo tale valore è posto pari al 50%.

Copertura e basamento: l'analisi delle dispersioni della copertura e del basamento è effettuata analizzando i valori dello studio citato [15]. Nel caso della copertura è introdotta una correzione per gli edifici situati in fascia climatica F. A seguito della maggior durata della stagione invernale è infatti desumibile come per tali edifici vi sia una maggior attenzione nel contenimento dei consumi energetici, l'analisi quindi considera una riduzione delle dispersioni

della copertura ipotizzando che il 50% delle abitazioni abbia realizzato un intervento di installazione di isolante nel tetto/sottotetto.

I dati relativi al basamento sono invece assunti sulla base dei valori adottati nello studio citato.

I valori considerati nei calcoli sono riportati in Tabella IV-6.

Tabella IV-6 – Valori di trasmittanza per superfici opache e vetrate

	U [W/m²K]								Cd [W/m³K]
	Muratura		Copertura		Pavimento	Superfici vetrate			
	Zona E	Zona F	Zona E	Zona F		Zona F	Impianto autonomo	Impianto centralizzato	
Fino al 1981	1.10	1.75	1.17	0.70	0.75	3.20	3.70	5.00	-
Dal 1982 al 1991	-	-	-	-	-	-	-	-	N.L. 373/76
Dal 1991	-	-	-	-	-	-	-	-	N.L. 10/91

#### Dispersioni per ventilazione

Le dispersioni per ventilazione sono state valutate ipotizzando un ricambio d'aria pari a 0,30 volumi/h. Il dato rispecchia quanto esposto dallo studio condotto e citato in precedenza.

#### Apporti gratuiti da consumi elettrici

La valutazione degli apporti gratuiti dati da consumi elettrici è effettuata sulla base dell'analisi dei consumi di energia elettrica degli edifici in Provincia di Torino [19]. Dai dati ottenuti dal Bilancio Energetico Provinciale è infatti riscontrabile un consumo di energia pari a circa 27 kWh/m<sup>2</sup>anno. Attraverso tale dato è stato considerato che nella stagione invernale il consumo elettrico possa ritenersi pari a circa 13.5 kWh/m<sup>2</sup>anno. Il valore viene considerato pari all'energia ceduta all'interno dell'edificio sotto forma di dissipazioni termiche e quindi è considerato totalmente quale apporto gratuito.

#### Altri apporti gratuiti

Non essendo disponibile una metodologia per la valutazione degli apporti gratuiti dovuti all'uso dei locali e alla quota di apporti solari direttamente applicabile sulla base dei dati disponibili è considerato un'ulteriore presenza di apporti variabile in funzione della tipologia edilizia.

Attraverso verifiche è infatti stato stimato come per strutture edilizie a torre, caratterizzate da valori di S/V < 0.50 tale valore si attesti a circa il 10% dei fabbisogni totali.



Diversamente nel caso di edifici con valori di  $S/V > 0.50$ , tipico di edifici a schiera, villette isolate, o edifici con minor numero di piani tale valore è posto pari al 15% dei fabbisogni totali dell'edificio.

#### Fabbisogno energetico netto di abitazione

La valutazione del fabbisogno energetico netto dell'abitazione consente di calcolare la quota di energia teorica da fornire all'unità abitativa al fine di mantenere le condizioni di confort in ambiente. Tale grandezza è quindi valutata a valle dei rendimenti di impianto e di generazione e rappresenta la base per il calcolo del fabbisogno di energia primaria.

La valutazione è effettuata assegnando a ciascuna abitazione il coefficiente di dispersione volumica dell'edificio in cui risulta situata. Il calcolo è quindi effettuato considerando la presenza delle dispersioni per ventilazione. Il fabbisogno, al lordo degli apporti gratuiti, è valutato considerando la temperatura interna dei locali costante e pari a 20°C. Tale assunzione permette quindi di applicare la seguente formula, in conformità con quanto indicato in normativa [20]:

$$Q_i = H \cdot V \cdot GG \cdot t_{day} - Q_{gn}$$

dove:

$Q_i$ : Fabbisogno di energia netta per riscaldamento dell'edificio;

$H$ : coefficiente di dispersione globale pari alla somma tra coefficiente di dispersione per trasmissione (Cd) e ventilazione;

$V$ : volume netto dell'edificio;

$GG$ : gradi giorno annuali reali;

$t_{day}$ : durata giornaliera di riscaldamento (pari a 24 h);

$Q_{gn}$ : apporti gratuiti globali (apporti gratuiti da consumi elettrici e altri apporti gratuiti).

In particolare si evidenzia come nel modello di calcolo il valore dei gradi giorno sia derivante dalla stima dei valori di GG per l'intera Regione Piemonte, effettuando un'interpolazione mediante software GIS dei dati misurati dalle centraline meteorologiche di proprietà di ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) presenti sul territorio e consultabili da applicativo online [21]. È stato quindi possibile effettuare per singola sezione di censimento un calcolo specifico, considerando l'effettiva durata della stagione di riscaldamento per i comuni situati in zona climatica F ed E.

#### Fabbisogno di energia primaria dell'abitazione

La valutazione del fabbisogno di energia primaria dell'abitazione è effettuato attraverso il rapporto fra il fabbisogno di energia netta e il rendimento globale di impianto.

Il calcolo è effettuato attraverso la seguente formula:

$$EP_i = \frac{\sum_n Q_i \cdot FU_n}{\eta_{g,n}}$$

Con

$$\eta_g = \eta_{gen} \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_r$$

dove:

$EP_i$  = fabbisogno di energia primaria dell'abitazione;

$Q_i$  = fabbisogno di energia netta dell'abitazione;

$FU_n$  = fattore di utilizzo, indice della copertura dei fabbisogni dell'impianto alimentato dal combustibile  $n$ ;

$\eta_{g,n}$  = rendimento globale dell'impianto alimentato dal combustibile  $n$ ;

$\eta_{gen}$  = rendimento di generazione;

$\eta_d$  = rendimento di distribuzione;

$\eta_e$  = rendimento di emissione;

$\eta_r$  = rendimento di regolazione.

Nei calcoli sono stati considerati i valori riportati nei seguenti paragrafi.

Fattori di utilizzo: si considerano differenti casi, a seguito della presenza all'interno dell'abitazione di uso di biomassa e differenti tipologie impiantistiche abbinate. Nel caso di utilizzo di più fonti fossili senza l'uso di biomassa è considerato un fattore di utilizzo pari al 100% per il Gas Naturale (laddove presente).

Tale accorgimento è stato adottato per poter effettuare la taratura del modello, come meglio definito in seguito. Fattori di utilizzo di dettaglio per altri combustibili non sono stati considerati non essendoci necessità di maggior dettaglio.

Si riportano in Tabella IV-7 i valori utilizzati nei calcoli.

Tabella IV-7 - Fattori di utilizzo biomassa

	Impianto a fonte fossile	Apparecchio a fonte fossile
Impianto a legna	85% legna – 15% fossile	-
Apparecchio a legna	55% legna – 45% fossile	90% legna – 10% fossile
Impianto a pellet	100% pellet	100% pellet
Apparecchio a pellet	55% pellet – 45% fossile	90% pellet – 10% fossile

Rendimenti di impianto:

I valori di rendimento di impianto utilizzati sono stati ricavati dai prospetti disponibili in normativa [22]. I valori di rendimento riferiti all'uso di biomassa sono riportati nell'appendice relativa e non vengono qui riportati.

In Tabella IV-8 è possibile notare un valore di rendimento di generazione per impianto autonomi alimentati a gas naturale inferiore agli altri combustibili.

Tale distinzione, sulla base dei dati disponibili nei prospetti, è stata mantenuta poiché legata alla forte presenza di impianti autonomi a servizio di singoli appartamenti e abitazioni con ridotta volumetria e potenza, caratterizzati da efficienze di combustione inferiori. Nel caso di impianti autonomi alimentati da gasolio o teleriscaldamento si fa invece riferimento ad utenze con impianti autonomi ma caratterizzate da volumetrie e potenze di impianto superiori, non essendo infatti frequente e realizzabili impianti a servizio di piccole utenze e singoli appartamenti.

Tabella IV-8 - Rendimenti di impianto

	Impianto autonomo	Impianto centralizzato
$\eta_{\text{gen}}$ gas naturale	0.80	0.85
$\eta_{\text{gen}}$ gasolio	0.83	0.83
$\eta_{\text{gen}}$ teleriscaldamento	1.00	1.00
$\eta_d$	0.99	0.95
$\eta_e$	0.99	0.94
$\eta_r$	0.96	0.96

#### IV.1.4. Taratura del modello

La taratura e validazione del modello è effettuata sulla base di confronti con dati reali di consumo, per quanto concerne la valutazione dei fabbisogni energetici del settore residenziale.

Essendo il modello sviluppato non dedicato esclusivamente alla valutazione dei consumi di biomassa, ma già direttamente applicabile a tutti i combustibili definiti all'interno del *Database di dettaglio ISTAT* la taratura e validazione viene effettuata mediante confronto con dati di consumo di combustibili facilmente reperibili a livello territoriale.

In particolare, riportando l'esempio dell'analisi effettuata per il caso oggetto di studio, sono stati considerati i seguenti dati ai fini di verificare la bontà di calcolo del modello:

- Energia erogata all'utenza del teleriscaldamento della Città di Torino;
- Consumi di gas naturale ad uso residenziale dei comuni in Provincia di Torino, dove disponibile il dato disaggregato del solo settore residenziale;
- Consumi di gasolio residenziale in Provincia di Torino (dato aggregato non distinto per comune);
- Consumi di biomassa in Provincia di Torino e Cuneo (dato aggregato non distinto per comune);

#### IV.1.5. Elaborazione e georeferenziazione dei dati raccolti

I dati ottenuti secondo la metodologia descritta permettono di ottenere un database a dettaglio di singola abitazione, riportante informazioni su tipologie di combustibile utilizzate, quantitativi e caratterizzazione specifica delle singole abitazioni.

Ai fini di realizzare un database georeferenziato i dati disponibili a livello di singola abitazione sono stati aggregati a livello di sezione censuaria. La possibilità di localizzazione degli edifici e abitazioni a dettaglio maggiore non è infatti stata resa possibile data la sensibilità dei dati oggetto di indagine relativi alle singole abitazioni.

## **IV.2. Parco impiantistico residenziale – Modello di stima e evoluzione**

L'attività di analisi sul parco dispositivi a biomassa di potenza inferiore a 100kW è stata condotta separatamente da quella sugli impianti di potenza superiore a 100kW. Tale scelta è dovuta sia a differenze di impiego (al di sotto dei 100kW gli usi sono in via sostanzialmente esclusiva di tipo residenziale, mentre al di sopra l'uso residenziale è significativamente affiancato da usi nel terziario e nell'industria), sia a differenze nelle tipologie di dispositivi adottate. Si riassumono in questa sezione le analisi compiute per il parco dispositivi <100kW, rimandando ad una sezione successiva per la trattazione degli impianti di taglia superiore.

I dispositivi a biomassa sono ampiamente diffusi in aree montane e rurali, con impiego storico e continuo nel tempo; per contro l'evoluzione del parco dispositivi a biomassa <100kW è caratterizzata da una discreta rapidità, in relazione a vite utili che difficilmente superano i 25 anni, tanto per le caldaie quanto per gli apparecchi. Di conseguenza è stata definita una stima-base al 2001, successivamente integrata e aggiornata agli anni successivi in base a dati di vendita e a tassi di sostituzione dei dispositivi, realizzando inoltre un'estensione sino al 2020 in grado di definire numero e tipologia dei dispositivi in funzione.

La metodologia adottata nel presente studio può essere così riassunta:

1. definizione del dato al 2001 su base censimento ISTAT;
2. integrazione con stime di dismissione e commercializzazione dei dispositivi per gli anni 2002-2011;
3. estensione delle stime di evoluzione del parco dispositivi al 2020, simulazione degli effetti delle incentivazioni in Conto Energia Termico e loro integrazione.

### ***IV.2.1. Origine dei dati***

#### ***Dati al 2001***

Dal momento che per i dispositivi <100kW si può assumere un impiego esclusivamente residenziale, per definire l'entità del parco al 2001 è stato impiegato il "*Database di dettaglio ISTAT*". Il database ISTAT permette di identificare e localizzare il numero di abitazioni servite

da impianti o apparecchi a biomassa, distinguendo se tali impianti risultano presenti in via esclusiva o se risultano affiancati da altri sistemi di riscaldamento.

### ***Evoluzione parco impiantistico al 2011***

Nel corso dell'indagine svolta sull'area di interesse, al fine di caratterizzare l'evoluzione del parco impiantistico, sono state contattate circa 150 aziende produttrici di dispositivi a biomassa operanti sul territorio. I dati commerciali raccolti, riferiti all'area della provincia di Torino, sono stati elaborati separatamente per tipologia di dispositivo (caldaie, termoprodotto, stufe, camini, cucine) ed alimentazione (pezzi di legna<sup>2</sup>, pellet) costituendo panel specifici la cui copertura stimata è risultata prossima al 50% del mercato.

Sono state compiute due operazioni:

- integrazione dei dati di vendita (se forniti in serie non complete su tutte le annualità 2002-2010) in base alla quota media di mercato dell'azienda all'interno del panel (riferita ad annualità con risposte complete da parte di tutte le aziende) e all'andamento delle vendite negli anni di interesse (definito dalla variazione rilevabile sui marchi con dato noto). Per l'anno 2011 (inizialmente non oggetto di indagine) è stata introdotta, ove necessario, una integrazione dei dati locali in base alle statistiche commerciali nazionali
- assegnazione di quote di mercato alle aziende non partecipanti all'indagine, sulla base di quattro classi di volumi di vendita (definiti come 10°, 30°, 60° e 90° percentile della distribuzione delle medie di vendita all'interno del campione di aziende di ciascun panel).

Sulla base di tali elaborazioni sono stati stimati i totali annui del mercato.

Per i dettagli sull'indagine si rimanda al report di indagine del progetto RENERFOR [23].

### ***IV.2.2. Definizione delle abitazioni servite da dispositivi a biomassa***

L'elaborazione dati è stata rivolta alla definizione delle abitazioni servite da dispositivi a biomassa e dell'efficienza media di tali dispositivi, informazioni da integrare nel modello sviluppato per la definizione dei fabbisogni territoriali.

### ***Stato al 2001***

Le abitazioni servite da dispositivi a biomassa al 2001 sono state identificate dai dati censuari. I dispositivi presenti al 2001 sono stati considerati (sulla base di indagini statistiche nazionali e regionali [24] [25] [5] alimentati esclusivamente a pezzi di legna. Poiché il

---

<sup>2</sup> Data l'esiguità del numero di dispositivi a cippato di legna di potenza <100kW, questi sono stati trattati come alimentati a pezzi di legna.

censimento distingue esclusivamente tra impianti centralizzati, impianti autonomi e apparecchi fissi per definire la tipologia di apparecchi presenti è stato applicato uno share sulla base di dati statistici [25] e valutazioni della realtà locale, riportato nella seguente tabella:

Tabella IV-9 – Share dispositivi a biomassa anno 2001

	Percentuale	Tipologia generatore
Impianti centralizzati	100%	Caldaie
Impianti autonomi	40%	Caldaie
	40%	Termocucine
	10%	Termostufe
	10%	Termocamini
Apparecchi fissi	15%	Camini aperti
	25%	Camini chiusi
	40%	Stufe
	20%	Cucine

### ***Dinamica di dismissione del parco esistente (2002-2020)***

La dismissione dei dispositivi esistenti avviene in base all'età di dismissione per tipologia e condizioni d'uso come riportata nella seguente tabella (stima in base ad indicazione delle associazioni di produttori).

Tabella IV-10 – Età di dismissione dispositivi per tipologia e condizioni d'uso

	Impiego continuativo (case di residenza)	Impiego saltuario (seconde case)
Caldaie	20 anni	25 anni
Termoprodotti	20 anni	25 anni
Dispositivi tradizionali	25 anni	30 anni

I dispositivi presenti al 2001 sono considerati equiripartiti in classi di età di numero pari all'età di dismissione; di conseguenza il processo di dismissione inizia dall'anno 2002 e coinvolge annualmente una frazione del totale 2001 pari a  $\frac{1}{\text{età di dismissione}}$ .

I nuovi dispositivi installati a partire dal 2002 vanno incontro a dismissione al raggiungimento della relativa età di dismissione; di conseguenza nessuno di questi viene dismesso entro il periodo 2002-2020 e le dismissioni riguardano quindi solamente dispositivi alimentati a pezzi di legna.

### ***Dinamica di ingresso di nuovi dispositivi (2002-2020) e localizzazione***

I nuovi dispositivi installati a partire dal 2002 sono riportati al numero di abitazioni servite, coincidente con il numero di dispositivi per caldaie <35kW, termoprodotti e apparecchi fissi; il numero è stato invece definito in base a una potenza impegnata per abitazione pari a 25 kW per caldaie di potenza >35kW. Tale accorgimento risulta necessario al fine di allocare le caldaie a servizio di più abitazioni sulle rispettive abitazioni, nella fase di calcolo successiva.

Durante le operazioni, considerato che il database iniziale possiede una precisione a dettaglio di singola abitazione risulta prioritario comprendere come mantenere tale caratterizzazione anche durante modifiche sul parco impianti del settore residenziale. La metodologia utilizzata si avvale di ricorso a metodi di analisi statistica (Monte Carlo) sulla base di analisi probabilistiche effettuate su cicli di calcolo ripetuti.

Nello studio effettuato si è quindi tenuto conto come tali dispositivi possano sostituire dispositivi esistenti o costituire nuove installazioni, nell'indagine sono state effettuate le seguenti considerazioni.

### **Sostituzione di dispositivi esistenti**

Prioritariamente i nuovi dispositivi commercializzati sostituiscono (per pari tipologia) i dispositivi esistenti dismessi. Il procedimento di analisi delle sostituzioni avviene secondo due criteri:

- Incremento del rendimento medio dei dispositivi in base al rendimento del parco esistente (distinto fra apparecchi e impianti), al quantitativo di dispositivi dismessi e al quantitativo e rendimento dei nuovi installati in sostituzione.
- Confronto, in termini di valore, fra i dispositivi dismessi e le nuove installazioni: sulla base della numerosità.

La sostituzione avviene a parità di combustibile (pezzi di legna su pezzi di legna, ecc...).



## Installazione di nuovi dispositivi

I nuovi dispositivi che non vadano a sostituire dispositivi dismessi sono attribuiti come nuove installazioni in abitazioni precedentemente non servite da biomassa. Nuovamente l'ingresso di tali dispositivi sul mercato viene valutato in termini di calcolo, valutando il rendimento medio del parco apparecchi e impianti, distinguendo fra combustibili in ingresso (legna, pellet).

I dispositivi sono attribuiti ad abitazioni per le quali si registri la copresenza di tre criteri, adottati come indicatori di fattibilità tecnica e normativa:

- abitazione inserita in edificio sino a 3 piani e di volumetria  $<1.000\text{m}^3$
- abitazione ricompresa in una sezione di censimento non urbana (densità edilizia superiore a  $1\text{m}^3$  di edificato a  $\text{m}^2$  di superficie)

La validità della selezione di abitazioni alle quali attribuire eventuali nuove installazioni è stata verificata su base statistica (dati ISTAT 2001): come evidenziato dalla figura sottostante, la quasi totalità dei dispositivi a biomassa ( $>95\%$  in entrambe le province oggetto di indagine) è installata in abitazioni in edifici sino a 3 piani, inferiori ai  $1000\text{m}^3$  e collocati in aree non urbane.

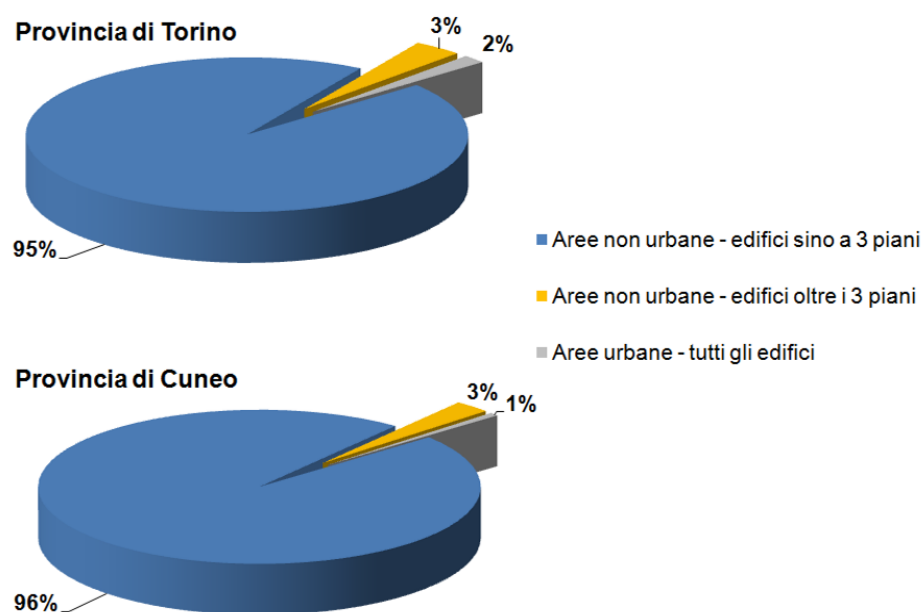


Figura IV-2 – Distribuzione della presenza di dispositivi a biomassa per area territoriale

L'attribuzione dei nuovi dispositivi a biomassa avviene con una distribuzione casuale tra abitazioni (selezione di numeri random) ripetuta per 1000 cicli; è quindi calcolato il relativo fabbisogno di biomassa per ciascuna sezione di censimento in ciascun ciclo e sono impiegate le medie di fabbisogno riferite ai 1000 cicli.

I nuovi dispositivi installati hanno efficienza media annua come definita per l'anno in esame dalla tabella riportata nella pagina successiva.

L'installazione dei nuovi dispositivi risulta inoltre differenziata fra alimentazione a legna da ardere e pellet, in particolare:

- Nel caso di legna da ardere le installazioni avvengono sulla base della percentuale di abitazioni a livello comunale alimentate già a legna da ardere (dato 2001, aggiornato anno per anno). Tale considerazione rispecchia l'uso attuale di tale combustibile in località che storicamente, per ragioni di costo/opportunità, ne fanno uso;
- Le installazioni di dispositivi alimentati a pellet avvengono secondo dinamica "casuale" solo sulla base delle tre condizioni definite in precedenza.

### **Verifica delle stime**

Le stime di evoluzione del parco dispositivi e dei volumi annui installati sono state verificate (per la provincia di Torino e Cuneo) in base a dati statistici regionali [5] e a dati di commercializzazione e vendita [25]. In tutti i casi la corrispondenza tra valori desunti dall'indagine e valori attesi come desumibili dalle altre fonti è risultata all'interno dell'accettabilità statistica.

### ***IV.2.3. Simulazione degli effetti dell'incentivazione in Conto Energia Termico***

Gli effetti dell'introduzione dell'incentivazione in Conto Energia Termico per le biomasse sono stati simulati secondo le seguenti assunzioni:

- I dispositivi a biomasse incentivati sono tutti alimentati a pellet;
- L'incentivo stimola la sostituzione dell'80% degli impianti autonomi (monoabitazione) alimentati a gasolio presenti nei comuni non metanizzati al 2011; la sostituzione avviene scalarmente: 10% nel 2013, 50% nel 2014, 20% nel 2015;
- La sostituzione di impianti a pezzi di legna con impianti a pellet (tendenza già parzialmente in atto) non è simulata, mancando un riferimento di mercato affidabile per strutturare le ipotesi; tale azione dell'incentivo, inoltre, produrrebbe uno shift tra combustibili ma non un incremento del valore assoluto della biomassa utilizzata sul territorio.

#### IV.2.4. Rendimenti dei dispositivi alimentati a biomassa

I rendimenti impiegati per i dispositivi a biomassa in base all'anno di installazione sono riassunti nella tabella seguente.

I valori sono espressi come percentuale.

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Legna	Caldaie	65	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	75	75	75	75	75	75	75	75
	Termostufe	60	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	75	75	75	75	75	75	75
	Termocamini	50	52	52	52	52	55	55	55	55	55	55	55	55	75	75	75	75	75	75	75
	Termocucine	55	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	72	72	72	72	72	72	72
	Stufe	55	60	60	60	60	65	65	65	65	65	65	65	65	72	72	72	72	72	72	72
	Caminetti chiusi	50	50	50	50	50	52	52	52	52	52	52	52	52	72	72	72	72	72	72	72
	Cucine	50	55	55	55	55	60	60	60	60	60	60	60	60	72	72	72	72	72	72	72
	Caminetti aperti	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Pellet																					
	Caldaie	0	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	85	85	85	85	85	85	85	85
	Termostufe	0	75	75	75	75	78	78	78	78	78	78	78	78	80	80	80	80	80	80	80
	Termocamini	0	75	75	75	75	78	78	78	78	78	78	78	78	80	80	80	80	80	80	80
	Termocucine	0	60	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	72	72	72	72	72	72	72
	Stufe	0	70	70	70	70	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Caminetti chiusi	0	68	68	68	68	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75

### **IV.3. Analisi di scenario del settore edilizio e impiantistico residenziale**

All'interno del modello, data l'elevata caratterizzazione del database di lavoro, è stato possibile implementare differenti analisi di scenario applicate, nel seguente studio, al quinquennio 2015-2020.

Di particolare interesse risulta la possibilità di valutare i risultati conseguibili, in termini di consumo di combustibili, attraverso interventi di efficientamento energetico del parco edilizio residenziale e interventi di efficientamento del parco impiantistico.

All'interno del modello di calcolo in particolare tali analisi sono state effettuate operando distintamente sui seguenti valori:

1. Rendimento medio del parco dispositivi, distinguendo tra impianti e apparecchi e tra differenti combustibili di alimentazione (legna da ardere, pellet);
2. Efficientamento energetico della copertura degli edifici.
3. Efficientamento energetico delle superfici opache verticali.
4. Efficientamento energetico della superficie vetrata.

Gli interventi indicati, sulla base di analisi di convenienza di realizzazione, sono distinti come di seguito analizzato.

#### ***IV.3.1. Efficientamento del parco dispositivi***

L'intervento considerato è applicato al solo parco dispositivi a legna, dispositivi a pellet infatti, dato il recente sviluppo e ingresso sul mercato, risultano già caratterizzati da elevati rendimenti di conversione, e non saranno quindi soggetti per ovvie ragioni ad analisi di efficientamento tecnologico.

L'analisi effettuata su impianti e apparecchi a legna considera un rinnovamento del parco impiantistico installato fino al 2005, caratterizzato da rendimenti di combustione inferiori, e considerando come per gli anni oggetto di applicazione 2015-2020, non sia realistica l'ipotesi di sostituzione di dispositivi di recente installazione (<10 anni). I camini aperti, sono considerati come sostituiti con camini a focolare chiuso, equiparandone quindi per tale categoria il rendimento di combustione.

L'analisi effettuata considera i seguenti valori di rendimento riportati in Tabella IV-11.

Tabella IV-11 - Rendimento di generazione dispositivi alimentati a legna da ardere

	$\eta$
Caldaie	75
Termostufe	75
Termocamini	75
Termocucine	72
Stufe	72
Camini chiusi	72
Camini aperti*	72

\*sostituzione con camini chiusi

#### IV.3.2. Efficientamento della copertura degli edifici

L'isolamento delle coperture è valutato considerando come caso realistico di operare attraverso interventi a ridotto impatto economico presso il cliente. Sono pertanto considerati come oggetto di intervento i soli edifici di epoca di costruzione precedente al 1961.

Tale scelta è legata alla maggiore presenza, presso tali tipologie edilizie, di sottotetti non abitati, pertanto l'intervento di riqualificazione energetica ipotizzato risulta nell'isolamento della sola soletta piana mediante posa semplice di un materassino.

L'analisi considera che a termine intervento siano garantiti presso l'edificio i limiti di trasmittanza imposti da normativa [26] e tali da permettere l'accesso agli schemi di incentivazione previsti a livello nazionale.

Tabella IV-12 – Trasmittanza termica limite a seguito di efficientamento della copertura

	Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]
FASCIA CLIMATICA E	0.24
FASCIA CLIMATICA F	0.23

#### IV.3.3. Efficientamento delle superfici opache verticali

L'intervento di isolamento delle murature dell'edificio è valutato considerando come caso base la possibilità di operare mediante insufflaggio di isolante nell'intercapedine della

muratura. Nuovamente la scelta è operata considerando prioritari gli interventi realizzabili a minor costo da parte del cliente.

Sulla base di tale ipotesi sono considerate oggetto di intervento le abitazioni in edifici di epoca costruttiva compresa tra il 1961 e il 1981. Tali tipologie edilizie, sulla base degli abachi delle stratigrafie degli edifici rappresentano quelle con presenza di intercapedine d'aria.

Nuovamente l'analisi considera che a termine intervento siano garantiti presso l'edificio i limiti di trasmittanza imposti da normativa (riferimento) e tali da permettere l'accesso agli schemi di incentivazione previsti a livello nazionale (nota).

Tabella IV-13 - Trasmittanza termica limite a seguito di efficientamento delle superfici opache verticali

	Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]
FASCIA CLIMATICA E	0.27
FASCIA CLIMATICA F	0.26

#### *IV.3.4. Efficientamento delle superfici trasparenti*

L'intervento di sostituzione degli infissi con componenti a maggiore prestazione termica è operato su tutti gli edifici realizzati prima del 1980, antecedenti quindi all'entrata in esercizio delle normative energetiche nazionali.

Per questa tipologia di intervento sono considerati nuovamente i limiti da normativa, riportati in Tabella IV-14.

Tabella IV-14 - Trasmittanza termica limite a seguito di efficientamento delle superfici trasparenti

	Trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]
FASCIA CLIMATICA E	1.8
FASCIA CLIMATICA F	1.6

#### *IV.3.5. Scenari di intervento*

Sulla base delle ipotesi di intervento descritte in precedenza sono valutati 5 differenti scenari di applicazione successiva del interventi. È inoltre introdotto uno scenario in cui gli interventi

vengono applicati indistintamente su tutti gli edifici, applicando all'intero parco edilizio i limiti di trasmittanza previsti nelle diverse ipotesi di efficientamento energetico.

L'applicazione degli interventi all'interno dei differenti scenari è riportata in Tabella IV-15.

Tabella IV-15 - Dettaglio analisi di scenario

Scenario	Efficientamento dispositivi	Isolamento copertura	Isolamento pareti opache	Sostituzione infissi
Scenario 1	X			
Scenario 2	X	X		
Scenario 3	X	X	X	
Scenario 4	X	X	X	X
Scenario 5 (applicazione a intero parco edilizio residenziale)	X	X	X	X

#### **IV.4. Edifici e impianti a servizio del settore terziario pubblico – Indagine territoriale**

Quale metodologia di analisi degli edifici del terziario pubblico serviti da impianti a biomassa e potenzialmente servibili non è stato possibile per mancanza di dati utilizzare un approccio analogo a quanto svolto a livello residenziale. L'indagine è stata quindi avviata a partire dal coinvolgimento diretto delle Pubbliche Amministrazioni locali al fine di valutare lo stato attuale del parco edilizio del settore terziario ed è stata sviluppata secondo tre fasi:

- Contatto delle PA locali
- Raccolta dati
- Elaborazione e georeferenziazione dei dati raccolti

##### *IV.4.1. Contatto delle PA locali*

Attraverso il supporto degli enti partner del progetto RENERFOR sono stati presi contatti con le Comunità Montane territoriali, organizzando per ciascuna di esse un incontro sul territorio per la presentazione delle attività agli Amministratori e Funzionari delle Comunità Montane e ai Sindaci, Assessori e Tecnici dei Comuni interessati. Alle Comunità Montane è stato richiesto di fungere da facilitatori e collettori delle raccolte dati sul proprio territorio.

Parallelamente sono stati effettuati sopralluoghi sul territorio di tutte le Comunità Montane oggetto di studio, per meglio caratterizzare le realtà presenti e valutare la consistenza dei nuclei urbani di maggiore dimensione, così come rilevabili da fotografia satellitare.

Successivamente sono state contattate l'Amministrazione Regionale e le Amministrazioni Provinciali per una analoga raccolta dati sugli edifici di loro proprietà/gestione presenti in ambito montano.

#### *IV.4.2. Raccolta dati*

La raccolta dati degli edifici di proprietà pubblica presenti nel territorio RENERFOR è stata condotta attraverso l'invio di apposite schede compilabili in formato .xls.

All'invio delle schede sono seguiti molteplici contatti telefonici (per il sollecito ed il supporto nella compilazione) con i referenti individuati dagli Enti. In particolare per quanto concerne le Amministrazioni Comunali, dopo i primi ripetuti contatti mediati dai Funzionari delle Comunità Montane, si è proceduto ad un contatto diretto dei Comuni, particolarmente insistito per i comuni di maggiori dimensioni.

La raccolta dati è proseguita sino a marzo 2013. Le informazioni ad oggi ottenute risultano parziali, sia in termini di dati forniti sui singoli edifici, sia in termini di risposte avute da parte degli enti. Tuttavia i dati raccolti, essendo focalizzati sui centri di maggiore dimensione, sono efficacemente impiegabili, seppur non esaustivi, per la definizione di baricentri potenziali di utilizzazione energetica.

#### *IV.4.3. Elaborazione e georeferenziazione dei dati raccolti*

Nell'indagine l'attenzione è stata focalizzata sull'individuazione di utenze presso cui poter installare impianti a servizio di singoli edifici o diversamente zone caratterizzate dalla presenza di più utenze concentrate presso cui realizzare piccole reti di teleriscaldamento.

Tra i dati richiesti agli Enti, quelli di maggior interesse per il presente studio sono riassunti nelle seguenti categorie:

- Ubicazione utenza;
- Caratteristiche dell'edificio;
- Caratteristiche dell'impianto;
- Consumi annui;
- Costi annui.



La scheda di censimento edifici sottoposta ai Comuni ed agli Enti del territorio è riportata di seguito.

La raccolta dati ha quindi permesso di realizzare un database georeferenziato contenente i dati relativi ad ogni edificio censito. Di conseguenza è stato possibile localizzare ogni edificio e il relativo fabbisogno all'interno dell'area di studio mediante la modellizzazione dei fabbisogni all'interno di architetture GIS.

<b>utenza</b>	<i>indicare qui il nome e la tipologia di utenza</i>
<b>indirizzo</b>	<i>indicare qui l'indirizzo completo dell'utenza</i>

**Caratteristiche dell'edificio**

<b>Volumetria [m<sup>3</sup>]</b>	<i>indicare la volumetria riscaldata dell'edificio</i>
<b>Superficie [m<sup>2</sup>]</b>	<i>indicare la superficie calpestabile dei volumi riscaldati dell'edificio</i>
<b>Anno di costruzione</b>	<i>indicare approssimativamente l'anno o il decennio di costruzione dell'edificio</i>
<b>Interventi di riqualificazione</b>	<i>indicare gli interventi di riqualificazione energetica effettuati (sostituzione infissi, isolamento a cappotto, sostituzione centrale termica), specificando l'anno di intervento</i>
<b>Contiguità con altri edifici</b>	<i>indicare il numero di lati contigui ad altri edifici (0, 1, 2)</i>

**Caratteristiche dell'impianto**

<b>Acqua Calda Sanitaria</b>	<i>indicare come è prodotta (caldaia dedicata, integrata al riscaldamento, boiler elettrici e loro numero)</i>
------------------------------	--

	tipologia	anno	combustibile	potenza termica erogata	potenza focolare nominale
Caldaia 1					
Caldaia 2					
Caldaia 3					
Caldaia dedicata ACS					
Sottostazione Telerisc. 1					
Sottostazione Telerisc. 2					

**Consumi annui**

		2006	2007	2008	2009	2010
Gas Naturale	<i>metri cubi</i>					
Gasolio	<i>litri</i>					
Gpl	<i>litri</i>					
Cippato	<i>tonnellate</i>					
Pellet	<i>tonnellate</i>					
Teleriscaldamento/Contabilizzazione	<i>inserire unità</i>					
Energia da Contratto di Gestione Calore	<i>inserire unità</i>					

**Costi annui**

		2006	2007	2008	2009	2010
Gas Naturale	€					
Gasolio	€					
Gpl	€					
Cippato	€					
Pellet	€					
Teleriscaldamento/Contabilizzazione	€					
Energia da Contratto di Gestione Calore	€					

**Note**

*inserire qui eventuali note aggiuntive*

**Compilatore delle schede**

cognome e nome	
società/ente e ufficio/struttura	
indirizzo	
telefono ufficio/cellulare	
e-mail	

**Istruzioni per la compilazione della scheda**

Le caselle di cui si richiede la compilazione sono *evidenziate in giallo*  
nel caso di **contratto di gestione calore** indicare l'energia consumata e l'unità di misura (Mcal, MWh, ecc) come da accordi con il gestore

**Per chiarimenti e informazioni**

Inq. Cerino Abdin Giulio  
Inq. Noussan Michel

tel 011-0904529  
tel 011-0904529

mail [giulio.cerino@polito.it](mailto:giulio.cerino@polito.it)  
mail [michel.noussan@polito.it](mailto:michel.noussan@polito.it)

Figura IV-3 - Scheda censimento terziario pubblico

## IV.5. Impianti energetici a biomassa legnosa – Indagine territoriale

L'analisi di impianti a biomasse di media e grande taglia è stata oggetto di una specifica indagine, finalizzata a definire sia i principali punti di assorbimento, sia i volumi di biomassa ad oggi già impiegati sul territorio.

La soglia di potenza minima per l'inclusione in tale indagine è stata definita in 100 kW, di modo da escludere la maggior parte degli impianti residenziali (mono- o pluri-familiari) che siano gestiti direttamente dai proprietari<sup>3</sup>. Gli impianti sono stati classificati in base alle seguenti tipologie:

- impianti termoelettrici;
- impianti termici a servizio di sistemi di teleriscaldamento;
- impianti termici a servizio di singole utenze di media-grande dimensione.

### IV.5.1. Raccolta dati

Le fonti dati consultate, prevalentemente fornite dagli uffici regionali e provinciali, sono elencate di seguito:

- Elenchi degli impianti incentivati e/o promossi dalla Regione Piemonte
- Elenco degli impianti noti al Settore Risorse Forestali della Regione Piemonte
- Elenco degli impianti censiti per la Relazione Programmatica sull'Energia della Regione Piemonte
- Impianti termici noti alle Province (dati da controlli delle emissioni)
- Impianti autorizzati dalle Province ai sensi del D.Lgs. 29/12/2003 n. 387
- Impianti installati da aziende termoidrauliche specializzate operanti sul territorio (dato parziale)
- Impianti affidati ad aziende di gestione di impianti termici (dato parziale)

Sovrapponendo le varie fonti è stato realizzato un elenco integrato degli impianti, successivamente verificato con le seguenti modalità:

- Contatto diretto (per gli impianti di cui si disponesse di riferimenti del proprietario/conducente)
- Verifica del dato con il personale degli uffici tecnici e forestali locali delle Comunità Montane (per impianti siti in comuni montani). La verifica è stata condotta nel corso dei sopralluoghi effettuati in ciascuna Comunità Montana delle province di Torino e Cuneo; qualora i tecnici di CM non avessero avuto certezza del dato, questo è stato ulteriormente verificato con il personale degli UTC dei rispettivi Comuni.

---

<sup>3</sup> La stima dei contributi energetici e dei consumi di tali impianti è definita nell'ambito dei dispositivi residenziali.

- Verifica del dato con i funzionari degli uffici tecnici e ambiente dei comuni (per impianti siti in comuni non montani).

Le verifiche sono state finalizzate a definire lo stato dell'impianto (non realizzato/dismesso/funzionante) e ad individuare un soggetto referente al quale richiedere la compilazione della scheda di raccolta dati.

#### *IV.5.2. Scheda raccolta dati*

È stata predisposta una scheda di raccolta dati sottoposta ai gestori e proprietari degli impianti esistenti, identificati secondo quanto illustrato in precedenza.

La scheda è stata suddivisa in tre specifiche sezioni:

- Sistema
- Centrale
- Rete e utenza

#### ***Scheda A - Sistema***

Sono stati raccolti i dati relativi alla tipologia dei sistemi analizzati, effettuando una distinzione fra impianti a servizio di reti di teleriscaldamento e impianti per singole utenze, o complessi di utenze privi di reti di teleriscaldamento.

Si è proceduto ad identificare ogni singolo impianto mediante la posizione dello stesso e si è fatta richiesta di eventuali planimetrie disponibili, relative al sito di centrale e all'eventuale rete di teleriscaldamento e utenze servite.

Si è inoltre indagato in merito alla proprietà e gestione della centrale e della rete (ove presente), ulteriori informazioni hanno riguardato l'anagrafica dei principali fornitori di biomassa.

#### ***Scheda B - Centrale***

Nella seconda scheda si è focalizzata l'attenzione sul sito di centrale, andando a identificare principalmente l'ubicazione dello stesso.

Si è quindi indagato sulle caratteristiche della biomassa utilizzata, in termini di tipologia, pezzatura, umidità, e contenuto di ceneri. Sono stati inoltre raccolte informazioni riguardo la filiera di approvvigionamento e le distanze fra il sito di utilizzo e i principali fornitori per ogni impianto.

È stata quindi descritta la centrale andando a definire i principali dati di targa e i combustibili utilizzati dalla caldaia a biomassa/gruppo di cogenerazione, gli stessi dati sono stati richiesti

anche per le caldaie di integrazione e riserva, anche se alimentati da combustibili diversi da biomasse legnose.

Per ogni caldaia/gruppo cogenerativo sono stati indagati i consumi di combustibile e le produzioni di energia termica ed elettrica (in caso di gruppi cogenerativi o gruppi termoelettrici), sono stati inoltre richiesti i dati relativi ai consumi/autoconsumi degli ausiliari di centrale.

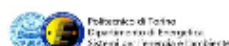
L'indagine del sito di centrale si è conclusa con la raccolta di informazioni relative a eventuali impianti di trattamento fumi installati e ai valori di emissione dei principali inquinanti, quali CO, NO<sub>x</sub> e polveri a diverse condizioni di esercizio.

### **Scheda C – Rete e Utenza**

La descrizione del sistema è stata completata con l'analisi dell'utenza in termini di tipologie di utenze servite e relative volumetrie. Ove presente, è stata descritta la rete di teleriscaldamento servita, focalizzando l'indagine sulla lunghezza della dorsale di rete, allacciamenti e richiedendo le perdite % di calore lungo la rete stessa.

È stato quindi identificato il fluido termovettore utilizzato nell'impianto e le principali caratteristiche operative, in termini di temperature e pressioni di esercizio.

L'analisi si è quindi completata con la raccolta dei fabbisogni di calore di ogni tipologia di utenza e andando a valutare, ove presente la rete, i criteri di allacciamento adottati per ogni sistema di teleriscaldamento.



Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale  
Richiesta Dati - 2011

Scheda A	Sistema
----------	---------

sistema	indicare qui l'ubicazione e la denominazione del sistema
tipologia	codice <b>1</b> Teleriscaldamento - <b>2</b> Monoutenza

INSERIRE SOLO IL CODICE 1 IN CASO DI TELERISCALDAMENTO 2 IN CASO DI IMPIANTO MONOUTENZA

A1) Struttura del sistema

centrale di produzione
P01 indicare qui la denominazione della centrale di produzione
localizzazione sistema
planimetria (dati georeferenziali) con ubicazione centrali di produzione, principali utenze servite

allegare planimetria in formato AUTOCAD (o in altro formato disponibile)

A2) Gestione del sistema

proprietario/i del sistema	indicare qui la denominazione del/dei proprietario/i
gestore/i delle centrali di produzione	indicare qui la denominazione del/dei gestore/i
gestore/i della rete di teleriscaldamento	indicare qui la denominazione del/dei gestore/i
gestore/i delle sottostazioni di scambio termico	indicare qui la denominazione del/dei gestore/i
principale/i fornitore/i di combustibile	FOR01 indicare qui la denominazione del fornitore
	FOR02 indicare qui la denominazione del fornitore
	FOR03 indicare qui la denominazione del fornitore

A3) Note

inserire qui eventuali note aggiuntive
--

A4) Compilatore delle schede

cognome	
nome	
società	
ufficio o struttura	
indirizzo	
telefono ufficio	
cellulare (facoltativo)	
e-mail	

Istruzioni per la compilazione della scheda A

Le caselle di cui si richiede la compilazione sono evidenziate in giallo

per **sistema di teleriscaldamento** si intende il complesso costituito da 1 rete di teleriscaldamento, tutte le centrali di produzione (cogenerazione e/o sola integrazione e riserva) e tutti i punti di interconnessione con altri sistemi, l'utenza servita

per **sistema mono utente** si intende il complesso costituito da 1 centrale di produzione (cogenerazione e/o sola integrazione e riserva) e l'utenza servita

Per chiarimenti e informazioni

Ing. Cerino Abdin Giulio

tel 011-0904529

mail [giulio.cerino@polito.it](mailto:giulio.cerino@polito.it)

Ing. Noussan Michel

tel 011-0904529

mail [michel.noussan@polito.it](mailto:michel.noussan@polito.it)

Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale  
Richiesta Dati - 2011

Scheda B Centrale di produzione

ubicazione Indicare qui l'indirizzo esatto e/o descrivere la posizione della centrale (indicare la posizione della centrale sulla planimetria allegata)

B1) Caratteristiche della biomassa utilizzata

ID gruppo	tipologia (importazione, scarti di segheria, cippato forestale, coltivazioni energetiche dedicate, scarti da pioppicoltura, potature...)	Fornitore (inserire il codice secondo tabella A2)	Distanza 1 Distanza fra centrale di produzione e fornitore biomassa	Distanza 2 Distanza fra fornitore e sito di produzione biomassa	Secondo normativa UNI CEN/TS 14961:2010 valore medio forniture		
					Dimensione o pezzatura	Contenuto idrico	Contenuto di cenere
					P	M	A
					mm	% sul tal quale	% sul secco
BIO01		FOR01	dato in km	dato in km			
BIO02			dato in km	dato in km			
BIO03			dato in km	dato in km			
BIO04			dato in km	dato in km			
BIO05			dato in km	dato in km			
VALORI MASSIMI DEL COMBUSTIBILE AMMISSIBILE IN CALDAIA ->							

B2) Caratteristiche delle caldaie principali a biomassa

ID caldaia	marca e modello	anno di avviamento		potenza termica nominale	combustibili impiegati (biomassa secondo la classificazione effettuata in tabella B1)	potenza entrante nominale
				(kW)		(kW)
CPB01						
CPB02						
CPB03						

B3) Caratteristiche delle caldaie di integrazione/riserva

ID caldaia	marca e modello	anno di avviamento		potenza termica nominale	combustibili impiegati (gas naturale, gasolio, olio combustibile...)	potenza entrante nominale
				(kW)		(kW)
CIR01						
CIR02						

B4) Caratteristiche dei gruppi di cogenerazione

ID gruppo	tipologia (motore a combustione interna, impianto a vapore a contropressione o a spillamento, turbina a gas, ORC...)	anno di avviamento	potenza elettrica nominale	potenza termica nominale	combustibili impiegati (gas naturale, gasolio, olio combustibile ... biomassa come specificato in tabella B1)	potenza entrante nominale
			(kW)	(kW)		(kW)
COG01						
COG02						

B5) Breve descrizione degli eventuali sistemi di accumulo del calore

volume  
accumulo (m³) n° serbatoi

qualora siano presenti in centrale sistemi di accumulo del calore, riportare qui una breve descrizione		
--	--	--



**Renerfor**



Politecnico di Torino  
Dipartimento di Energetica  
Sistemi per l'energia e l'ambiente



Istituto per  
le piante da legno  
e l'ambiente Ipla spa



AGENZIA NAZIONALE PER LE  
RACCOMANDEZIONI E L'ENERGIA E L'EDILIZIA  
RAI UNO RIFORMANDO ROSTRUMER

**Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale**  
Richiesta Dati - 2011

**Scheda B Centrale di produzione**

**B6) Breve descrizione degli eventuali interventi di ristrutturazione e/o ripotenziamento attuati e/o previsti**

qualora siano stati effettuati in passato o siano previsti interventi di ristrutturazione degli impianti, sostituzione di gruppi e/o caldaie, ripotenziamenti, riportare qui una breve descrizione con indicazione delle potenze interessate

**B7) Dati di funzionamento delle caldaie di produzione a biomassa**

sommare i dati relativi a tutte le caldaie della centrale

dato		anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
produzione utile di energia termica	(kWh)					
consumi di biomasse	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO01	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO02	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO03	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO04	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO05	(kg)					

**B8) Dati di funzionamento delle caldaie di integrazione/riserva**

sommare i dati relativi a tutte le caldaie della centrale

dato		anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
produzione utile di energia termica	(kWh)					
consumi di gas naturale	(Sm <sup>3</sup> )					
consumi di gasolio	(kg)					
consumi di olio combustibile	(kg)					
... altro (specificare)	(specificare)					
... altro (specificare)	(specificare)					

**B9) Dati di funzionamento dei gruppi di cogenerazione**

sommare i dati relativi a tutti i gruppi della centrale

dato		anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
produzione lorda di energia elettrica	(kWh)					
produzione netta di energia elettrica	(kWh)					
produzione utile di energia termica	(kWh)					
consumi di biomasse	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO01	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO02	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO03	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO04	(kg)					
consumi biomassa tipo BIO05	(kg)					
consumi di gas naturale	(Sm <sup>3</sup> )					
consumi di gasolio	(kg)					
consumi di olio combustibile	(kg)					
... altro (specificare)	(specificare)					
... altro (specificare)	(specificare)					



**Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale**  
Richiesta Dati - 2011

**Scheda B Centrale di produzione**

**B10) Spesa annua per il combustibile**

dato		anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
biomassa tipo BIO01	€					
biomassa tipo BIO02	€					
biomassa tipo BIO03	€					
biomassa tipo BIO04	€					
biomassa tipo BIO05	€					
gas naturale	€					
gasolio	€					
olio combustibile	€					
... altro (specificare)	€					
... altro (specificare)	€					

**B11) Sistemi di abbattimento inquinanti**

*indicare i sistemi di abbattimento presenti*

Abbattimento ossidi di azoto (NOx)	Presente	Abbattimento polveri totali sospese (PTS)	Presente
iniezione di urea in camera di combustione (SNCR)		filtro a ciclone/multiciclone	
iniezione di urea e catalizzatore uscita fumi (SCR)		elettrofiltro	
... altro (specificare)		filtro a maniche	
... altro (specificare)		... altro (specificare)	

**B12) Consumi elettrici ausiliari**

*sommare i dati relativi a tutti i gruppi della centrale*

dato		anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
Indicare i consumi se contabilizzati	(kWh)					

**B13) valori limite di emissione**

La realizzazione dell'impianto ha previsto la procedura di autorizzazione?	si	no

Unità di produzione (come specificato nelle tabelle B2, B3, B4)	Valori limiti autorizzazione*			Valori medi di esercizio*		
	CO	NOx	Polveri	CO	NOx	Polveri
CPB01						
CPB02						
CPB03						
CIR01						
CIR02						
COG01						
COG02						

\*valori indicati in mg/Nm3 misurati sui fumi anidri [O<sub>2</sub> 11%v]

**B14) Note**

*inserire qui eventuali note aggiuntive*



**renerfor**



REGIONE PIEMONTE



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI TORINO



PROVINCIA DI CUNEO



Politecnico di Torino  
Dipartimento di Energia  
Sistemi per l'Energia e l'Ambiente



Istituto per  
le piante da legno  
e l'ambiente (IPIA spa)



AGENZIA NAZIONALE PER LE  
RICERCHE, LE INNOVAZIONI E LE TECNICHE  
NELLE ENERGIE RINNOVABILI E NELLE  
ENERGIE EFFICIENTI

Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale  
Richiesta Dati - 2011

Scheda B	Centrale di produzione
Istruzioni per la compilazione della scheda B	

Le caselle di cui si richiede la compilazione sono **evidenziate in giallo**

Nella compilazione delle tabelle sulle caratteristiche dei gruppi di cogenerazione e le caldaie di integrazione/riserva:  
i dati da inserire sono quelli relativi ad ogni singolo gruppo di cogenerazione o caldaia di integrazione/riserva  
per **gruppo di cogenerazione** si intende un'unità termoelettrica in grado di operare in modo indipendente (motore, turbogas, ciclo a vapore); nel caso di cicli combinati il gruppo comprende il ciclo a vapore e tutti i turbogas ad esso sovrapposti  
per **potenza elettrica nominale** si intende la massima potenza elettrica erogabile dal gruppo di cogenerazione in condizioni nominali; se questa diminuisce all'aumentare della potenza termica erogata, si intende quella a potenza termica erogata nulla  
per **potenza termica nominale** si intende la massima potenza termica erogabile dal gruppo di cogenerazione o dalla caldaia in condizioni nominali; qualora siano presenti postcombustori specificarne la caratteristica nelle note  
per **potenza entrante nominale** si intende la massima potenza entrante con i combustibili nel gruppo di cogenerazione o nella caldaia in condizioni nominali; qualora siano presenti postcombustori specificarne la relativa potenza nelle note  
Nella compilazione delle tabelle sui dati di funzionamento:  
i dati da inserire sono quelli relativi alla somma dei gruppi di cogenerazione o delle caldaie di integrazione/riserva  
per **produzione lorda di energia elettrica** si intende l'energia elettrica complessivamente prodotta dai gruppi di cogenerazione, misurata ai terminali dei generatori elettrici (al lordo dei servizi ausiliari di centrale)  
per **produzione netta di energia elettrica** si intende l'energia elettrica complessivamente prodotta dai gruppi di cogenerazione, misurata nel punto di interconnessione con la rete elettrica (immessa in rete)  
per **produzione utile di energia termica** si intende l'energia termica complessivamente prodotta dai gruppi di cogenerazione o dalle caldaie di integrazione/riserva, misurata nel punto di interconnessione con la rete di teleriscaldamento (immessa in rete)  
qualora siano impiegati combustibili non indicati nella tabella, specificare per ciascun combustibile la tipologia, l'unità di misura ed i consumi



**Renerfor**



FINANZIAMENTO EUROPEO



ALCOTRA



REGIONE  
PIEMONTE



PROVINCIA  
DI TORINO



PROVINCIA  
di CUNEO



Municipalità di Torino  
Dipartimento di Energia  
Servizi per l'Energia e l'Ambiente



Istituto per  
le piante da legno  
e l'ambiente Ipla spa



AGENZIA NAZIONALE PER LE  
NUOVE TECNOLOGIE E L'ENERGIA  
E L'AMBIENTE ENEC

**Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale**  
Richiesta Dati - 2011

**Scheda C Rete di teleriscaldamento e utenza servita**

sistema	indicare qui l'ubicazione e la denominazione del sistema		
tipologia	codice	0	1 Teleriscaldamento - 2 Monoutenza
utenza	indicare qui sinteticamente l'utenza servita		

**C1) Caratteristiche della rete**

tipologia fluido termovettore		condizioni del fluido in uscita dalla centrale	temperatura		pressione	
(acqua surriscaldata, acqua calda, ...)			mandata	ritorno	mandata	ritorno
dorsale (km)			(°C)	(°C)	(bar)	(bar)
allacciamenti (km)			definite nel progetto			
perdite calore (%)		medie di esercizio				

**C2) Caratteristiche dell'utenza**

tipologia di utenza	volumetria riscaldata (m³)	sottostazioni di scambio termico			
		numero	di cui con acq. sanitaria	di cui con contacalorie	potenza termica installata complessiva (kW)
prime case					
seconde case					
commercio					
uffici					
scuole					
ospedali					
industriale					
totale					

**C3) Energia e potenza erogate all'utenza**

indicare i dati con riferimento all'anno solare

tipologia di utenza	dati	anno				
		2006	2007	2008	2009	2010
prime case	(kWh)					
seconde case	(kWh)					
commercio	(kWh)					
uffici	(kWh)					
scuole	(kWh)					
ospedali	(kWh)					
industriale	(kWh)					
totale	(kWh)					
potenza di picco (totale)	(kW)					

**C4) Breve descrizione degli eventuali interventi di ristrutturazione e/o estensione attuati e/o previsti**

qualora siano stati effettuati in passato o siano previsti interventi di ristrutturazione e/o estensione della rete, riportare qui una breve descrizione



Politecnico di Torino  
Dipartimento di Energetica  
Giovedì per l'energia e l'ambiente



Istituto per  
le piante da legno  
e l'ambiente ipa spa



AGENZIA NAZIONALE PER LE  
NUOVE TECNOLOGIE E L'ENERGIA ELETTRICA  
E L'AMBIENTE

Identificazione del parco impianti territoriale degli utilizzi energetici di biomassa legnosa forestale  
Richiesta Dati - 2011

Scheda C

Rete di teleriscaldamento e utenza servita

C5) Criteri di allacciamento

Minima volumetria allacciata (m<sup>3</sup>)

Indicare qui i principali criteri di allacciamento

C6) Note

Inserire qui eventuali note aggiuntive

Istruzioni per la compilazione della scheda C

Le caselle di cui si richiede la compilazione sono evidenziate in giallo

Nella compilazione delle tabelle sulle caratteristiche della rete:

per **dorsale** si intende la lunghezza percorsa dalla rete in doppia tubazione, esclusi gli allacciamenti delle singole utenze

per **allacciamenti** si intende la lunghezza percorsa in doppia tubazione a partire dalla dorsale fino alle singole utenze

per **perdite calore** si intende la quota annua di energia termica persa per dispersioni termiche della rete

Nella compilazione delle tabelle sulle caratteristiche dell'utenza:

per **commercio** si intendono le utenze di tipo commerciale (supermercati, centri commerciali, ...)

Nella compilazione delle tabelle sull'energia e la potenza erogate all'utenza:

per **potenza di picco** si intende la massima potenza termica richiesta in rete

#### *IV.5.3. Georeferenziazione degli impianti*

A seguito della raccolta dati è quindi possibile realizzare un database georeferenziato contenente le informazioni di maggiori dettaglio in merito agli impianti censiti.

Il consumo di biomassa associato all'impianto, laddove non dichiarato dal compilatore, è valutato sulla base di valori di rendimento di generazione e ore di funzionamento desunte dalla tipologia di impianto e dalla consistenza dell'utenza.

## IV.6. Analisi di scenario di impianti di teleriscaldamento a biomassa legnosa

Al fine di ampliare l'analisi di scenario all'utilizzo di combustibili da biomassa in sistemi di generazione distribuita, si è proceduto alla valutazione del potenziale di utilizzo del cippato legnoso per la produzione di energia termica o cogenerazione, a servizio di sistemi di teleriscaldamento di piccola e media taglia.

Tuttavia l'utilizzo di biomassa legnosa in questi sistemi richiede generalmente quantità significative di combustibile, ed è pertanto cruciale un'attenta pianificazione al fine di utilizzare la biomassa disponibile da filiera locale riducendone le necessità di trasporto.

In questa fase di modello sono stati valutati i siti più interessanti per la localizzazione di sistemi di teleriscaldamento alimentati a biomassa legnosa. Inoltre è stata valutata la possibilità di installare sistemi di cogenerazione ORC (cicli Rankine a fluido organico) per la produzione combinata di calore ed energia elettrica, compatibilmente con i vincoli energetici imposti dalla normativa regionale attualmente in vigore [27].

### IV.6.1. Valutazione dei fabbisogni

A partire dal fabbisogno di energia termica del parco edilizio residenziale, secondo la metodologia illustrata nei paragrafi precedenti, è stato possibile ricavare il valore di energia primaria e netta per le abitazioni potenzialmente servibili da sistemi di teleriscaldamento.

Al fine di analizzare, all'interno del parco edilizio residenziale, il potenziale di sviluppo di teleriscaldamento, sono stati considerati solamente gli edifici di volumetria superiore a 1.000 m<sup>3</sup> e alimentati da un impianto di riscaldamento centralizzato. Tali ipotesi risultano conformi con le analisi ad oggi eseguite in fase di studio di sviluppo di reti. Gli edifici di interesse sono stati quindi suddivisi in quattro classi dimensionali, così composte:

- I. Volumetria compresa tra 1.000 m<sup>3</sup> e 2.500 m<sup>3</sup>;
- II. Volumetria compresa tra 2.500 m<sup>3</sup> e 5.000 m<sup>3</sup>;
- III. Volumetria compresa tra 5.000 m<sup>3</sup> e 10.000 m<sup>3</sup>;
- IV. Volumetria superiore a 10.000 m<sup>3</sup>.

A partire da questa suddivisione è quindi possibile classificare gli edifici presenti, ricavandone la volumetria totale e il fabbisogno energetico. I comuni ubicati in zone montane o pedemontane sono stati analizzati in ordine di fabbisogno globale decrescente, e nei casi di interesse considerati è stata effettuata un'analisi più dettagliata.

Grazie alla possibilità di localizzare le utenze con dettaglio di singola sezione censuaria sono state prodotte per i territori oggetto di indagine mappe tematiche relative alla densità edilizia teleriscaldabile presente, come meglio riportato nei successivi capitoli di applicazione del modello.

All'interno delle aree di maggior interesse, sono state considerate le zone censuarie con una densità ed un volume di edifici più interessanti, effettuando al tempo stesso alcune valutazioni preliminari rispetto a eventuali ostacoli all'installazione di un sistema di teleriscaldamento (attraversamenti di fiumi, ferrovie o strade ad alto traffico, presenza di centri storici, etc.).

Questa fase di analisi, non realizzabile a livello di modello informatico/geografico, è stata completata mediante studio dei singoli casi.

L'analisi è stata quindi limitata alle sezioni censuarie selezionate, considerando dei tassi di allacciamento degli edifici censiti pari rispettivamente al 25%, 50%, 75% e 75% per le quattro classi dimensionali sopra descritte. Inoltre è stata valutata la presenza di ospedali e altri edifici pubblici all'interno della zona di interesse, mediante integrazioni con il database relativo alle utenze del settore terziario.

I dati relativi agli ospedali sono stati ottenuti da studi già disponibili a livello territoriale, nel caso oggetto di applicazione del modello, da cui è stato possibile ottenere una stima delle volumetrie a partire dalle superfici lorde calpestabili di ogni struttura ipotizzando un'altezza media interpiano. Inoltre a partire dai dati di consumo di combustibili per gli anni 2007-2009 (ove disponibili) è stato possibile stimare un fabbisogno medio di energia termica per ogni struttura interessata.

Nel caso oggetto di studio presentato in seguito, è stato inoltre possibile ottenere informazioni sulle strutture scolastiche di istruzione superiore a partire da un precedente studio effettuato sul territorio provinciale. Nei casi in cui non è stato possibile ottenere informazioni in merito al consumo degli edifici pubblici, si è proceduto ad utilizzare un fattore standard di moltiplicazione in funzione della volumetria di ogni edificio.

Per gli edifici pubblici di tipologia, dimensioni e localizzazione compatibili è stato considerato un tasso di allacciamento del 100%.

Nel caso di siti ubicati in comuni di montagna ad alta frequentazione turistica è stata effettuata una correzione sui fabbisogni per tenere conto delle particolari condizioni climatiche e di utilizzo degli edifici. Pertanto è stato applicato un fabbisogno energetico medio relativo a dati reali di sistemi di teleriscaldamento esistenti ubicati in area alpina (Bardonecchia,

Sestriere e Cesana Torinese), parametrizzando il fabbisogno in funzione dei gradi giorno delle diverse località analizzate.

#### IV.6.2. Stima della curva di carico

Al fine di procedere ad una corretta analisi dei sistemi di teleriscaldamento potenziali individuati particolare attenzione è stata rivolta alla stima dell'andamento della curva di carico cumulata annua, in funzione della quale risulta possibile effettuare analisi preliminari in merito alle tecnologie di generazione, dimensionamento delle stesse e valutazione di esercizio dei generatori/cogeneratori da inserire nel sistema di teleriscaldamento.

La curva di carico cumulata è stata stimata a partire dai dati storici disponibili per la rete di teleriscaldamento della città di Torino. Grazie agli studi effettuati parallelamente allo sviluppo del modello, inerenti i sistemi di teleriscaldamento [28] è stato possibile calcolare una curva cumulata media per il sistema di Torino a partire da dati misurati su dieci stagioni di riscaldamento. Ai fini di rendere applicabile l'uso di tale curva a sistemi di teleriscaldamento differenti è stata utilizzata una curva specifica per unità di volume, come presentato in Figura IV-4.

Nei calcoli effettuati a livello di singole potenziali reti di teleriscaldamento lo sviluppo verticale della curva [ $\text{W}/\text{m}^3$ ] è stato valutato funzione delle condizioni climatiche in termini di potenza di picco di progetto richiesta, e pertanto il fattore di scala utilizzato è quello definito dalla normativa tecnica vigente. A fronte di una temperatura di progetto di riferimento di  $-8^\circ\text{C}$  per il caso di Torino la potenza richiesta è stata scalata proporzionalmente alla differenza di temperatura rispetto alla temperatura interna (assunta pari a  $20^\circ\text{C}$ ).

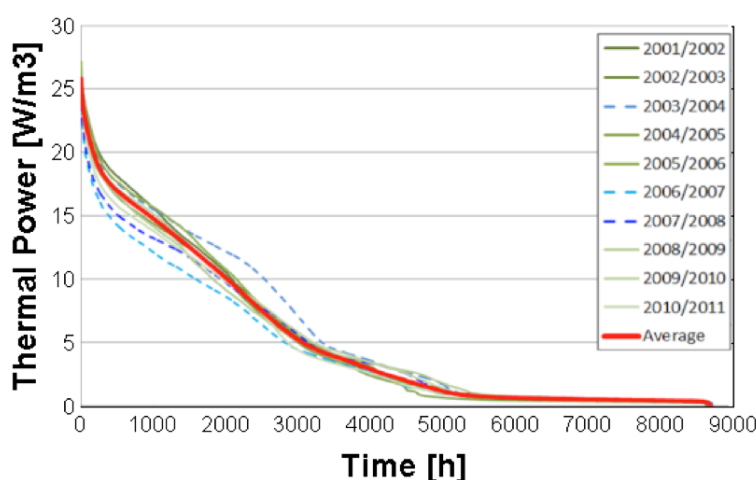


Figura IV-4 – Teleriscaldamento di Torino: curva di carico media specifica.



La potenza specifica così ottenuta è stata moltiplicata per la volumetria ricavata dall'analisi precedente. Le ore di funzionamento del sistema, corrispondenti allo sviluppo orizzontale della curva, sono risultate imponendo il valore annuo di energia richiesta al sistema di teleriscaldamento e corrispondente all'area sottesa dalla curva. In questo calcolo sono state incluse le perdite di rete (assunte pari al 15%, in accordo con dati medi di esercizio di diverse reti), costruendo pertanto la curva di carico relativa all'energia richiesta presso la centrale di produzione del calore.

#### *IV.6.3. Produzione di calore e cogenerazione*

Definita la curva di carico caratteristica di ogni singola potenziale rete è stato possibile effettuare alcune considerazioni in merito alle modalità di produzione del calore. Le scelte principali effettuate hanno interessato la modalità di generazione energetica (produzione solo termica o cogenerazione di energia termica ed elettrica) e la fonte utilizzata (biomassa legnosa, integrazioni con altri combustibili).

In questo studio è stata approfondita la possibilità di inserire unità di cogenerazione ORC (a ciclo Rankine organico) alimentate a biomassa legnosa, compatibilmente con la tutela ambientale in rispetto della normativa regionale vigente. In alternativa è stata prevista l'installazione di una semplice generazione termica con l'utilizzo di caldaie alimentate a biomassa.

La scelta di limitare il campo di indagine alla tecnologia ORC è stata effettuata sulla base degli studi condotti con il gruppo di ricerca all'interno del progetto RENERFOR e pubblicati all'interno della monografia in fase di pubblicazione "Rassegna tecnologica degli impianti energetici a biomassa legnosa forestale" [29]. Tale scelta, come meglio descritto nello studio, è data principalmente da due fattori:

- I. le turbine a vapore, tecnologia consolidata e con un buon rendimento elettrico, sono generalmente applicabili con costi sostenibili in sistemi di generazione di taglie superiori rispetto a quelli di interesse (a partire da circa 3 ÷ 5 MW elettrici, e corrispondenti 6 ÷ 10 MW termici);
- II. altre tecnologie emergenti (gassificazione e pirolisi, turbine a combustione esterna, motori a vapore, etc.) non hanno ancora raggiunto il grado di maturazione tecnologica e affidabilità richiesti per operare all'interno di sistemi di teleriscaldamento.

A partire dalla curva di carico cumulata è stato quindi possibile stimare una taglia dell'unità di cogenerazione a servizio di ogni sistema di teleriscaldamento. A partire da alcune taglie standard disponibili in commercio è stata selezionata la massima taglia compatibile la normativa vigente (nota). È stato quindi valutato, per singolo caso, il rispetto dell'indice PES

(Primary Energy Savings), che nel caso della normativa regionale sulla qualità dell'aria, attualmente in vigore [27], deve risultare positivo nel caso in cui il comune interessato ricada nelle *aree di mantenimento*, e maggiore di 0,1 nel caso in cui il comune sia all'interno della *zona di piano* di qualità dell'aria.

Un fattore fondamentale nel pre-dimensionamento delle unità cogenerative è rappresentato dalle ore di funzionamento annuo. In numerosi casi esistenti gli impianti ORC vengono operati durante tutto l'anno per usufruire di una quota maggiore di incentivazione sull'energia elettrica prodotta, ottenendo benefici economici significativi. Tuttavia è raro che il fabbisogno termico estivo sia tale da giustificare l'esercizio di un sistema ORC, e pertanto l'energia termica è generalmente dissipata. Analizzando i grafici di Figura IV-5 e Figura IV-6 si osserva come per ottenere un valore di PES positivo, necessario ai fini del rispetto della normativa, nel caso di esercizio annuale la taglia dell'ORC risulta essere quasi di un ordine di grandezza più piccola. Inoltre si osserva in Figura IV-7 come per ottenere un PES di 0,1 sia necessario ricorrere ad un sistema di potenza nominale inferiore rispetto ai valori misurati per PES>0.

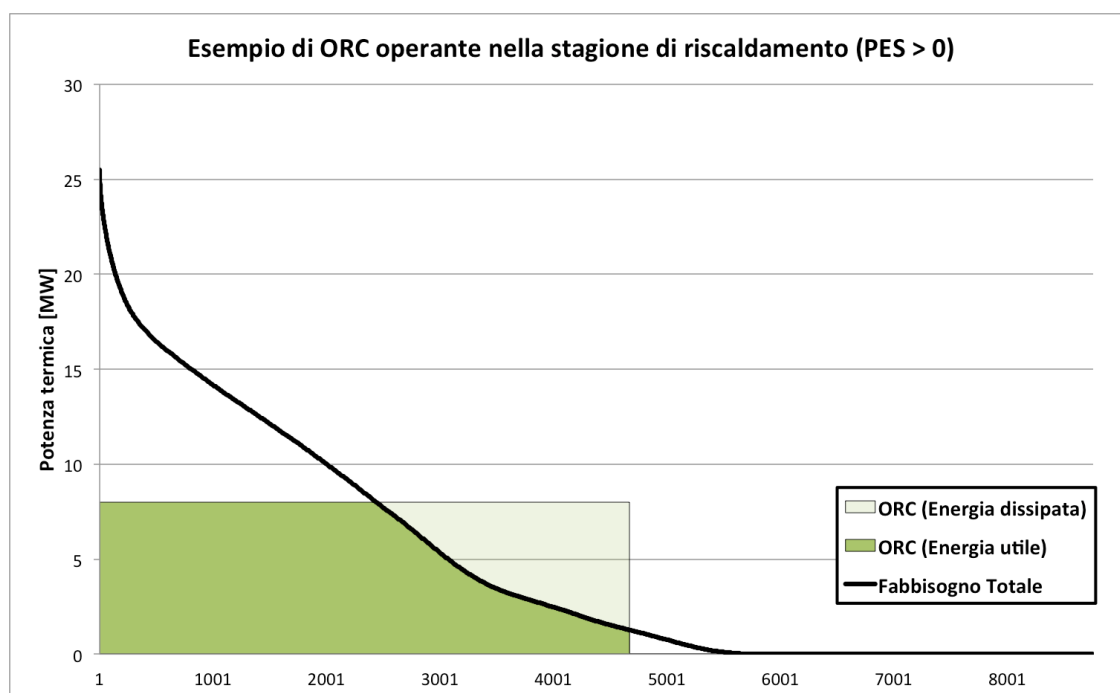


Figura IV-5 – ORC operante nella stagione di riscaldamento (massima taglia per PES>0)

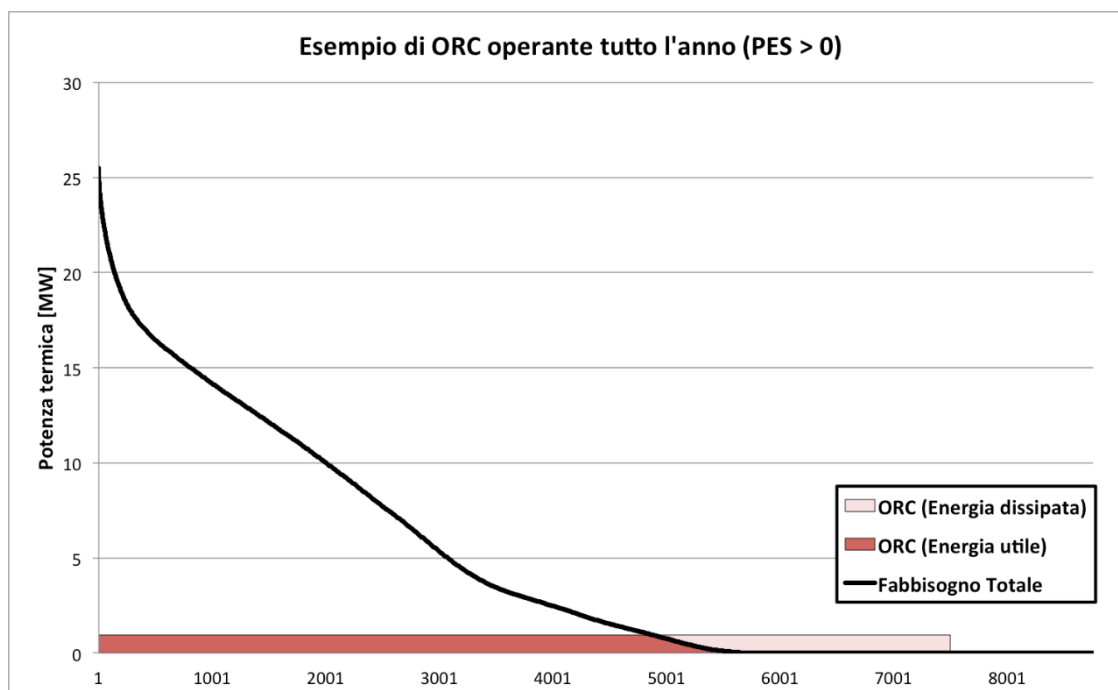


Figura IV-6 – ORC operante tutto l’anno (massima taglia per PES>0).

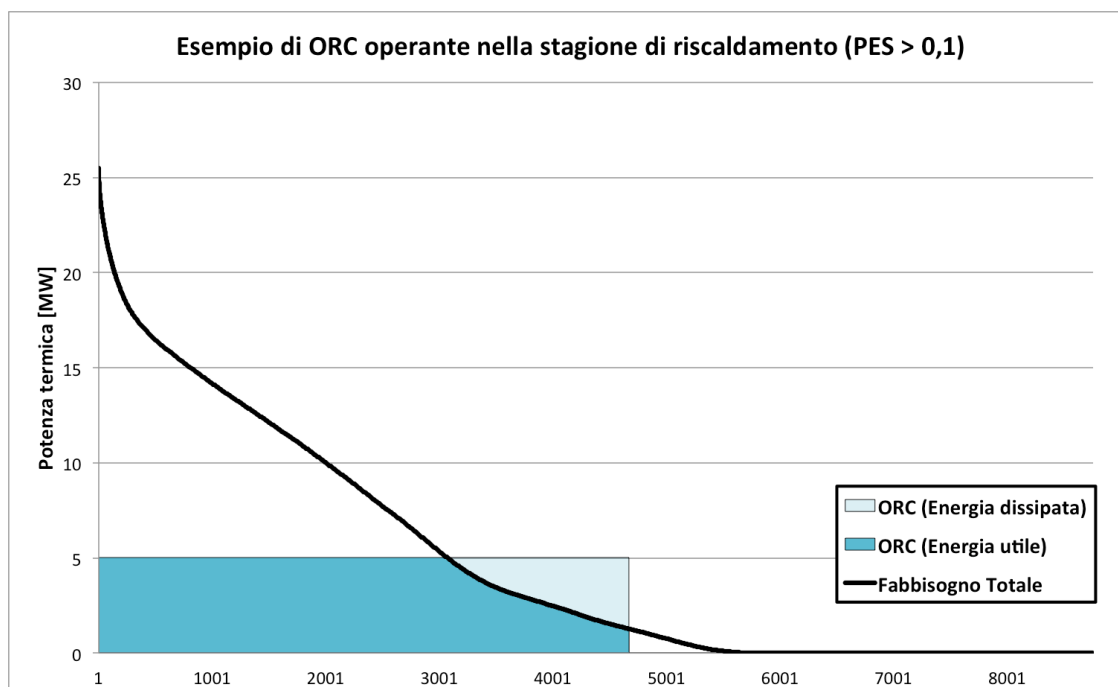


Figura IV-7 – ORC operante nella stagione di riscaldamento (massima taglia per PES>0,1)

Si è pertanto ritenuto più valido in termini di tutela ambientale ed efficienza energetica un dimensionamento dell'impianto di cogenerazione tale da erogare calore in tutte le ore della stagione in cui la richiesta termica sia risultata superiore al 5% della potenza installata. Nelle ore in cui l'energia richiesta è inferiore a quella fornita dall'ORC una parte viene dispersa. Una parte di questa energia può essere recuperata grazie all'installazione di sistemi di accumulo, che necessitano tuttavia di un'analisi approfondita per essere correttamente dimensionati. Pertanto in questa prima fase, agendo in maniera conservativa, non sono stati considerati i benefici ottenibili dall'installazione di sistemi di accumulo, che andranno valutati in una seconda fase per ogni caso di interesse. Per tali analisi si rimanda allo studio di dettaglio effettuato parallelo all'attività pianificatoria [28].

L'energia eccedente rispetto a quella fornita da cogenerazione è stata considerata ottenuta mediante caldaie ad integrazione, alimentate a biomassa.

A partire dalle simulazioni di esercizio dei gruppi di generazione installati è stato quindi possibile calcolare, in ogni caso analizzato, l'energia termica prodotta (suddivisa in energia prodotta da cogenerazione e da semplice produzione termica), l'energia elettrica prodotta e il consumo di biomassa totale e suddiviso per tipologia di generatore.

I dati raccolti hanno permesso quindi di descrivere il potenziale di installazione di nuove reti di teleriscaldamento, georeferenziare tali dati, e costruire un database contenente le singole informazioni in termini di consumi attesi di biomassa, volumetrie allacciabili, energia termica erogata all'utenza.

#### *IV.6.4. Interazione con i sistemi di teleriscaldamento esistenti*

In ultima analisi sono state analizzate le reti attualmente esistenti sul territorio, e oggetto di censimento, servite da sistemi di teleriscaldamento, generalmente alimentate da cogeneratori a gas naturale ma in alcuni casi da biomassa legnosa.

Per i sistemi alimentati a biomassa con semplice generazione di calore si è ipotizzato di affiancare le caldaie con un sistema di cogenerazione ORC dimensionato con i criteri esposti in precedenza.

Nei casi di teleriscaldamenti esistenti alimentati da motori a gas naturale si è ipotizzata l'installazione di un'unità di cogenerazione ORC nel sistema esistente, mantenendo le unità di generazione attuali per coprire la quota rimanente del carico. Pertanto in questi casi l'energia termica fornita da biomassa è solamente quella prodotta in cogenerazione.

## **V. Applicazione del modello**

---

Il presente capitolo descrive le attività e i risultati ottenuti dall'applicazione del modello, svolta all'interno del progetto europeo Alcotra RENERFOR. All'attività di valutazione dei consumi di biomassa svolta nei territori delle province di Torino e Cuneo è seguita, esternamente alle attività previste nel progetto finanziato, l'applicazione degli scenari di risparmio energetico descritti al paragrafo IV.3.

### **V.1. RENERFOR – Inquadramento territoriale**

Nei paragrafi seguenti è descritto l'ambito territoriale di applicazione del modello RENERFOR, con riferimento all'area italiana oggetto di indagine, e coincidente con i territori delle province di Torino e Cuneo (Figura V-1).

# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR INQUADRAMENTO TERRITORIALE

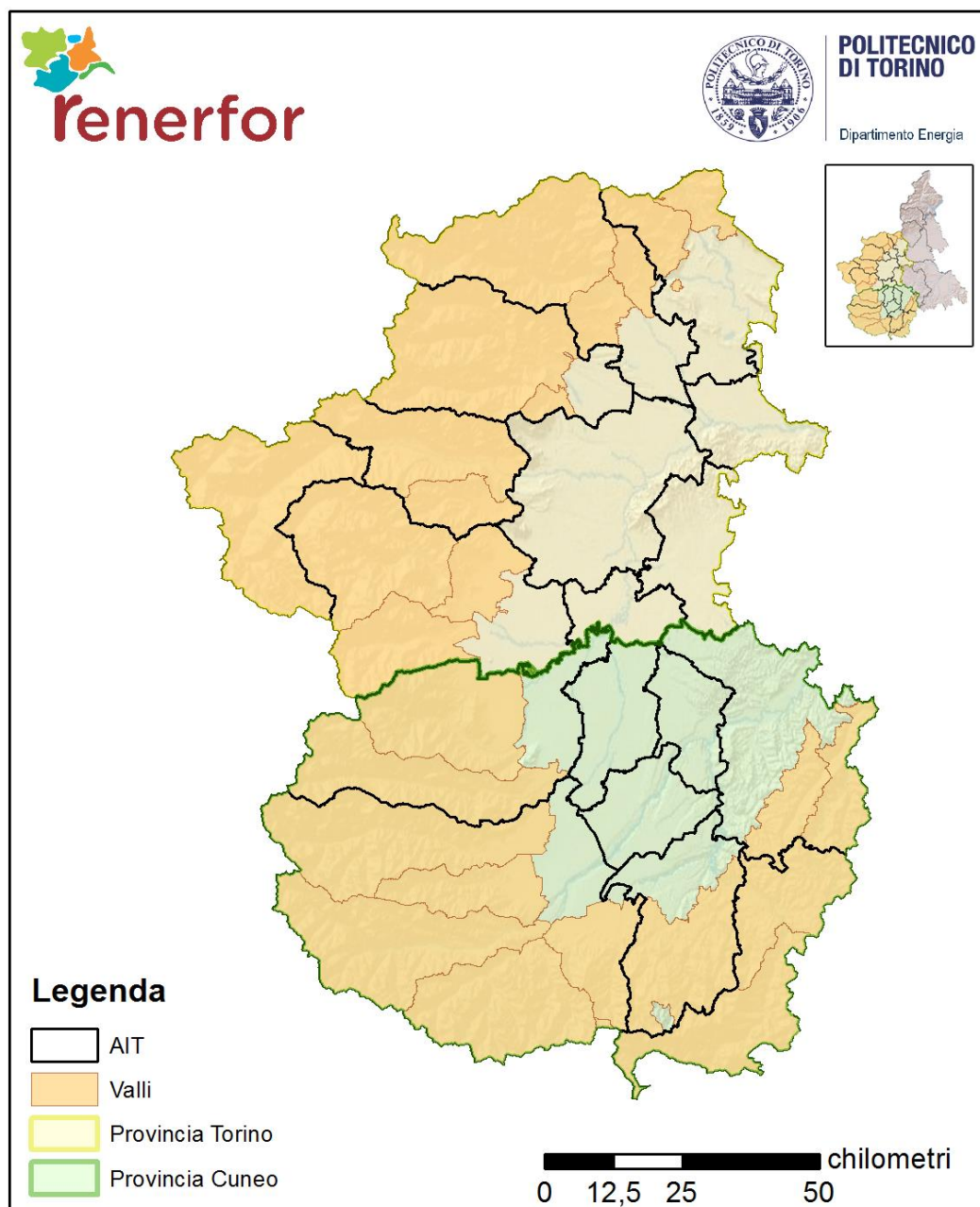


Figura V-1 - Area di studio progetto RENERFOR, inquadramento territoriale

Sulla base dei dati disponibili a livello statistico (fonte ISTAT) è essenziale effettuare una analisi preventiva relativa alla densità di popolazione e abitativa delle aree oggetto di indagine.

Le principali caratteristiche tipologiche e funzionali del parco edilizio residenziale dell'area di indagine RENERFOR sono riassunte nei grafici seguenti, suddivisi per provincia

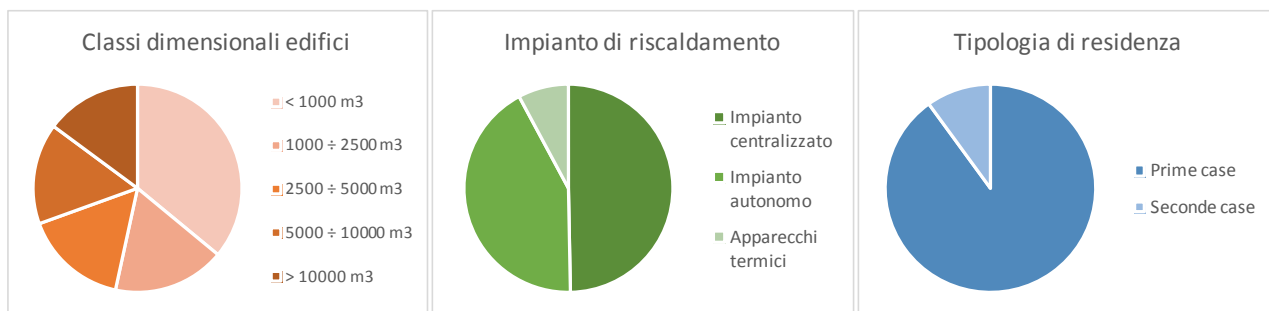


Figura V-2 – Parco edilizio residenziale provincia di Torino

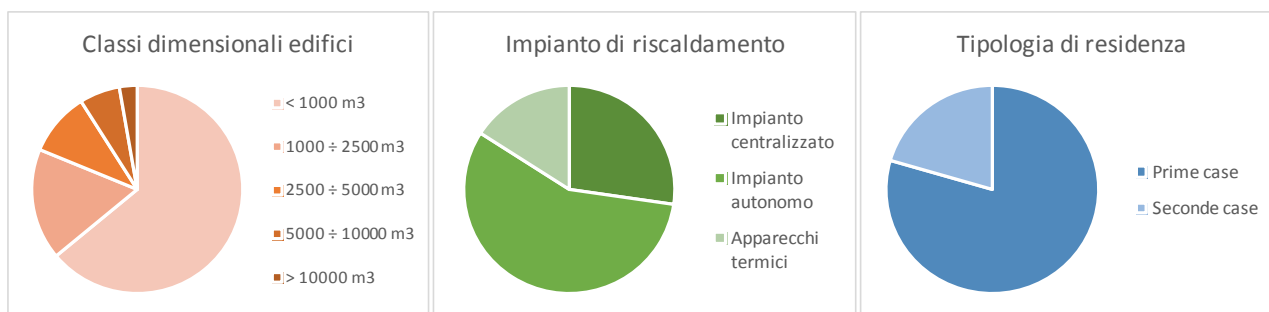


Figura V-3 – Parco edilizio residenziale provincia di Cuneo

In particolare, come riportato in Tabella V-1 è possibile notare come all'interno del territorio analizzato il comune di Torino rappresenti un'area particolare, in quanto unica area a carattere prettamente metropolitano, caratterizzata da edifici a prevalente sviluppo verticale (ridotta percentuale di edifici, ed elevata percentuale di abitazioni e abitanti presenti sul territorio).

Diversamente gli altri comuni presenti nell'area risultano caratterizzati prevalentemente da edifici a servizio di poche unità abitative.

Tabella V-1 - Dati demografici e parco edilizio area RENERFOR

	Area RENERFOR	Comune di Torino	Altri Comuni
Numero di abitanti	2'890'220	901'556 (31%)	1'988'737 (69%)
Numero di edifici	456'984	34'660 (8%)	422'324 (92%)
Numero di abitazioni	1'389'661	423'802 (30%)	965'859 (70%)

Focalizzando l'attenzione, grazie al “*Database di dettaglio ISTAT*”, sulla tipologia di godimento delle abitazioni è possibile notare come le aree esterne all'area metropolitana presentino una percentuale maggiore di “*seconde case*”. Tale dato risulta di interesse in fase di analisi per distinguere in sede di calcolo i consumi di tali abitazioni da abitazioni a carattere abitativo continuo.

Tabella V-2 - Tipologia di godimento abitazioni, area RENERFOR

	Area RENERFOR	Comune di Torino	Altri Comuni
Abitazioni di residenza	1'163'900 (84%)	397'812 (94%)	766'088 (79%)
Seconde case	227'761 (16%)	25'990 (6%)	201'771 (21%)

Analizzando i dati statistici relativi alle tipologie impiantistiche presenti nell'area è possibile notare come all'interno dell'area di indagine vi sia una forte differenza in merito alla presenza di impianti di tipo centralizzato, autonomo e a casi di abitazioni riscaldate mediante singoli apparecchi.

Impianti di tipo centralizzato risultano maggiormente presenti in area metropolitana, mentre nell'area di indagine risultano equamente ripartiti impianti di tipo centralizzato e autonomo. In aree periferiche e montane risulta ancora presente una percentuale non trascurabile di abitazioni con presenza di apparecchi a servizio del riscaldamento (15%), in alcuni casi come forma esclusiva di riscaldamento (8%).

Tabella V-3 - Tipologia di impianto di riscaldamento presente, area RENERFOR

	Area RENERFOR	Comune di Torino	Altri Comuni
Riscaldamento centralizzato*	670'607 (48%)	324'233 (77%)	346'374 (38%)
Riscaldamento autonomo*	557'407 (40%)	84'005 (20%)	473'402 (48%)
Presenza di soli apparecchi	161'647 (12%)	15'564 (4%)	146'083 (15%)
<i>Apparecchi affiancati a impianti con riscaldamento autonomo/centralizzato</i>	85'632 (6%)	4'166 (1%)	81'466 (8%)

\*Il valore considera anche gli impianti che presentano affiancamento con apparecchi



Con riferimento all'uso di biomassa nei territori oggetto di indagine, i dati al 2001 indicano un totale di circa 227'500 abitazioni servite, pari al 17% delle abitazioni presenti, situate principalmente in area extra-metropolitana, confermando come l'uso di biomassa come combustibile rappresenti quindi un'abitudine diffusa sul territorio.

Tabella V-4 - Utilizzo di biomassa presso il settore residenziale, area RENERFOR

	Area RENERFOR	Comune di Torino	Altri Comuni
Abitazioni con dispositivi alimentati a biomassa (ISTAT 2001) (% sul totale)	229'462 (17%)	2'014 (0%)	227'448 (24%)

## V.2. Applicazione del modello – Calcolo dei fabbisogni di energia netta e primaria del parco edilizio residenziale

Come prima applicazione del modello, sulla base di quanto indicato all'interno del paragrafo IV.1 è eseguito il calcolo dei fabbisogni di energia primaria per il riscaldamento invernale. In particolare vengono calcolati i seguenti contributi, successivamente confrontati con i dati di consumo reale al fine di eseguire la taratura del modello all'area di indagine.

### V.2.1. Fabbisogno di energia primaria a servizio dell'area teleriscaldata metropolitana

Il modello di calcolo è applicato sulla totalità delle abitazioni che all'interno del *“Database di dettaglio ISTAT”* risultano indicare come combustibile la voce “altro combustibile” caratteristica di impianti serviti da reti di teleriscaldamento.

L'analisi è limitata alle sole sezioni di censimento presenti nell'area metropolitana della città di Torino servite dal servizio di teleriscaldamento, sulla base dei dati disponibili all'interno dello studio *“Analisi dei servizi energetici locali nella città di Torino”* [30].

Poiché il modello è stato sviluppato per fornire la sola voce di energia per riscaldamento, è stata scorporata dall'energia fornita dal teleriscaldamento (dato reale) la voce relativa ai consumi di ACS. L'analisi, si è basata sui dati nazionali di consumo specifico resi disponibili da ENEA, con riferimento alla metodologia già validata e applicata in studi pregressi [15].

L'efficacia del modello e l'affidabilità dei dati di partenza è stata testata tramite una doppia verifica:

- Energia erogata in teleriscaldamento
- Volumetria allacciata

Si riportano in Tabella V-5 i risultati ottenuti

Tabella V-5 – Stima dell'energia da teleriscaldamento erogata all'utenza. Risultati di modello

Energia da teleriscaldamento erogata all'utenza anno 2002 (dato IREN)	68.0 kTEP
Energia da teleriscaldamento erogata all'utenza anno 2002 (Modello di calcolo)	67.5 kTEP
Errore relativo energia erogata all'utenza	-1%
Volumetrie allacciate anno 2002 (dato IREN) (milioni di m <sup>3</sup> )	17.9 Mm <sup>3</sup>
Volumetrie identificabili da database ISTAT 2001 (milioni di m <sup>3</sup> )	17.7 Mm <sup>3</sup>
Errore relativo volumetrie allacciate	-1%

L'applicazione del modello risulta confermare l'attendibilità dei risultati di calcolo con riferimento all'area servita dalla rete di teleriscaldamento.

#### *V.2.2. Fabbisogno di energia primaria relativo ai consumi comunali di gas naturale*

La seconda fase di analisi ha interessato il confronto fra i dati ottenuti dal modello e i consumi di gas naturale registrati nei comuni in Provincia di Torino. Quale anno di riferimento è stato individuato il 2002, maggiormente corrispondente per struttura edilizia ed impiantistica a quanto descritto dal censimento, effettuato a fine anno 2001.

Nell'analisi inoltre sono stati considerati i soli comuni con dati di consumo riferiti al solo settore residenziale, al fine di evitare errori conseguenti a ripartizioni non conformi dei consumi fra i settori industriale, residenziale e terziario. I comuni caratterizzati dalla presenza del dato con dettaglio sul settore residenziale sono risultati essere 177 su un totale di 316 comuni.

Prima dell'analisi sono stati esclusi dal calcolo tutti gli edifici riscontrati in censimento con una superficie totale inferiore a 20 m<sup>2</sup>, in quanto le superfici minime degli stessi non garantiscono il rispetto degli standard minimi di legge ai fini dell'abitabilità.

È stato quindi valutato il consumo di energia legato alla produzione di acqua calda sanitaria del comparto residenziale, attraverso stime di fabbisogno ricavate da bilanci ENEA e in conformità con le analisi già citate eseguite in studi analoghi [15].

Sono stati quindi valutati i consumi attraverso l'uso del modello di calcolo, fornendo il risultato aggregato a livello comunale. Nei calcoli sono state applicate tutte le ipotesi precedentemente illustrate.

I risultati dati dalla prima applicazione del modello riportati in Figura V-4 indicano una buona stima del consumo comunale, con distribuzione lineare che ben approssima la bisettrice (indice di corrispondenza tra modello e dato reale di consumo).

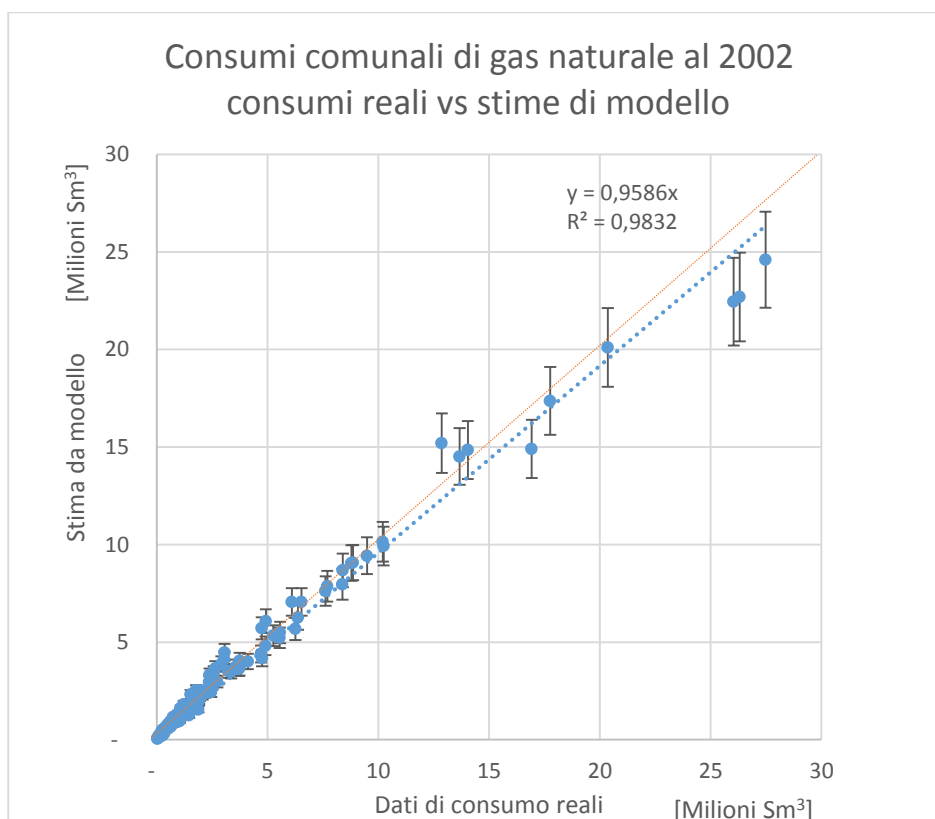


Figura V-4 - Consumi comunali di gas naturale al 2002, consumi reali e stime di modello

L'errore però risultante dall'applicazione presenta una forte variabilità all'interno dei comuni oggetto di indagine. In particolare si registra una costante sovrastima dei consumi stimati per i comuni di ambito montano (fascia climatica F), mentre per aree urbane si riscontra una leggera sottostima del dato.

Dividendo i comuni in tre distinte zone di analisi sono riscontrabili i seguenti errori relativi, riportati in Tabella V-6

Tabella V-6 – Risultati di modello, errore relativo

	Errore relativo
Comuni in fascia F	20 %
Comuni in fascia E	11 %
Comuni urbani <sup>4</sup>	-3 %

#### V.2.3. Taratura del modello

La fase di taratura del modello è stata quindi effettuata distinguendo gli edifici provvisti di riscaldamento centralizzato, per i quali la stima è stata verificata essere coerente con i dati reali di consumo (analisi relativa ai fabbisogni di energia della rete di teleriscaldamento), dagli edifici provvisti di riscaldamento autonomo e apparecchi.

Per la seconda tipologia impiantistica si è inoltre distinto il dato tra edifici situati in zona climatica E e zona climatica F.

La taratura, al fine di compensare gli errori del modello rispetto ai dati di consumo reale, è stata quindi effettuata introducendo due costanti moltiplicative, una per fascia climatica, al fine di minimizzare l'errore quadratico complessivo dell'analisi.

A seguito della fase di calcolo sono stati riscontrati i seguenti valori per i fattori correttivi e i seguenti risultati.

Tabella V-7 – Risultati di modello, valori dei fattori correttivi

	Fattore moltiplicativo
Impianti autonomi in fascia F	0.797
Impianti autonomi in fascia E	0.912
Impianti centralizzati (da confronti con area teleriscaldata)	1.008

---

<sup>4</sup> Si considerano urbani i comuni con una popolazione complessiva superiore a 10000 abitanti, indipendentemente dalla fascia climatica in cui risultano situati.

Tabella V-8 – Risultati di modello, errore relativo a seguito di taratura

	Errore relativo	Discostamento percentuale
Comuni in fascia F	1 %	10 %
Comuni in fascia E	4 %	12 %
Comuni urbani <sup>5</sup>	-8 %	10 %

La valutazione dei discostamenti percentuali è stata assunta come misura conservativa della massima imprecisione del modello. Il calcolo è stato effettuato sommando per tutti i comuni oggetto di indagine il valore assoluto degli scarti della stima del modello dal dato comunale di consumo di metano.

$$discostamento = \frac{\sum_n |dato reale - dato stimato|}{\sum_n dato reale}$$

L'utilizzo del valore assoluto consente di evitare l'eventuale vicendevole elisione di errori di sottostima e sovrastima, rapportando infine tale sommatoria al consumo totale registrato. Considerare tale discostamento come errore del modello rappresenta un approccio conservativo nella valutazione, amplificando di fatto il valore dell'errore relativo commesso.

#### *V.2.4. Consumi di gasolio in Provincia di Torino*

La verifica della bontà del modello a seguito della fase di taratura è stata valutata attraverso una seconda analisi che ha interessato i consumi di gasolio complessivi in Provincia di Torino.

Il dato ottenuto è stato confrontato con quanto contenuto all'interno del Quarto Rapporto sull'Energia della Provincia di Torino [31], sono stati considerati i consumi per l'anno 2001 e 2002 e i risultati ottenuti dal modello.

---

<sup>5</sup> Si considerano urbani i comuni con una popolazione complessiva superiore a 10000 abitanti, indipendentemente dalla fascia climatica in cui risultano situati.

Tabella V-9 – Risultati di modello, confronto con consumi di gasolio Provincia di Torino

	Consumi [ktep]
Anno 2001	200
Anno 2002	126
Modello di calcolo	158

I risultati ottenuti riportati in Tabella V-9 e Figura V-5 permettono di verificare come il consumo stimato risulti compreso nell'intervallo dei due anni a cavallo del censimento ISTAT 2001. Gli scostamenti sono attribuibili distintamente sia a errori residui nel modello, sia all'incertezza dei dati contenuti all'interno del bilancio provinciale, derivanti da aggregazione e stima di dati ottenuti dal Bollettino Petrolifero, con forte variazione dei valori e trend di marcato decremento negli anni interessati.

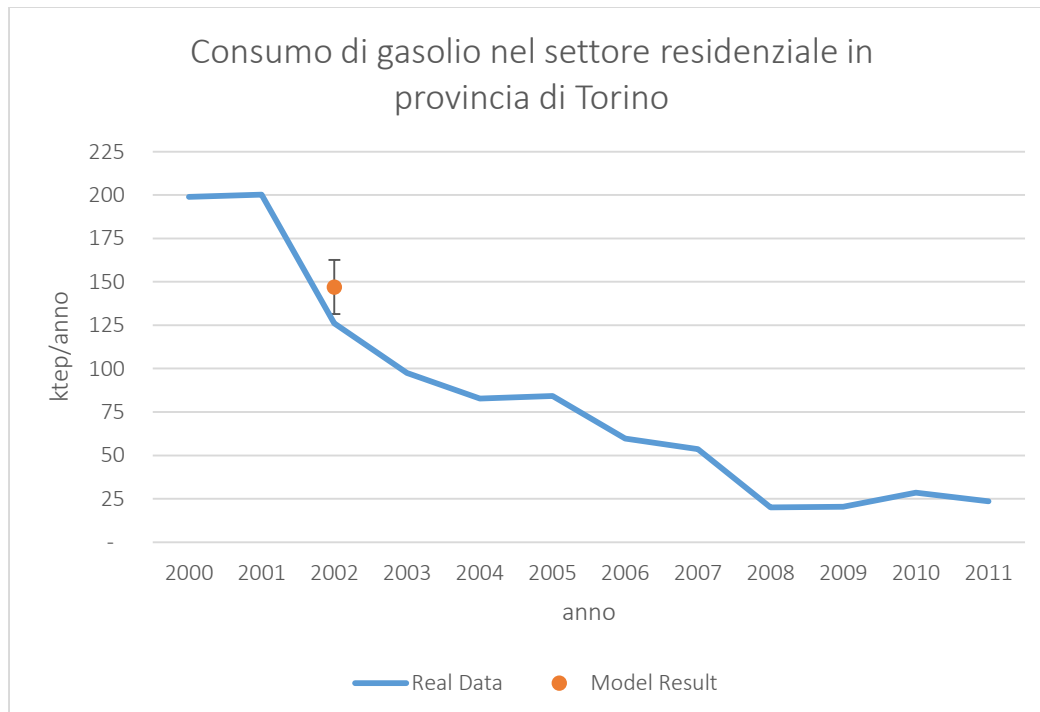


Figura V-5 - Consumo di gasolio nel settore residenziale in provincia di Torino, confronti fra i risultati di modello e i dati reali

A seguito dei buoni riscontri applicativi ottenuti a valle del processo di taratura, il modello è stato ritenuto validato.

## V.3. Consumi di biomassa nel settore residenziale

### V.3.1. Parco dispositivi a biomassa presente al 2001

A partire dai dati di censimento ISTAT è stato possibile descrivere in termini quantitativi gli impianti e apparecchi alimentati a biomassa, grazie alle informazioni relative alla localizzazione delle abitazioni è stato inoltre possibile effettuare la geo-localizzazione dei dispositivi all'interno dell'area di indagine con dettaglio di singola sezione censuaria. La costituzione in termini di tipologie di apparecchi e impianti del parco al 2001 è stata realizzata, come indicato nella sezione metodologica, a partire da informazioni statistiche di ripartizione tra le differenti tecnologie.

### V.3.2. Evoluzione del parco dispositivi nel periodo 2002-2011

Note le informazioni in termini quantitativi (dato ISTAT) e qualitativi (informazioni su base di statistiche nazionali [25]) riguardo la costituzione del parco dispositivi al 2001 è stato effettuato un aggiornamento del parco, sulla base di indagini di mercato dedicate svolte all'interno del progetto RENERFOR, con dettaglio sulle due province di Torino e Cuneo.

Sono stati ricavati i dati relativi alle vendite, distinte per tipologia di prodotto, sui territori delle province, riportati nelle tabelle seguenti. Le informazioni raccolte hanno potuto fornire informazioni inerenti i quantitativi di prodotti venduti sul territorio, mentre i dati non forniscono alcun tipo di informazione riguardo la localizzazione dei prodotti.

Come indicato in analisi metodologica tale informazione è stata ricavata applicando analisi statistiche di tipo Monte Carlo, effettuando cicli di calcolo iterati al fine di valutare in termini probabilistici l'ubicazione dei dispositivi all'interno delle abitazioni contenute nel *"Database di dettaglio ISTAT"*.

L'analisi evolutiva del parco dispositivi, svolta distintamente per i territori delle province di Torino e Cuneo, ha quindi interessato i tre contributi già descritti in fase metodologica, distinti tra impianti e apparecchi, legna da ardere e pellet di seguito riportati:

- Sostituzione dei dispositivi giunti a fine vita tecnica con prodotti nuovi;
- Dismissione dei dispositivi esistenti a fine vita tecnica se superiori al dato di nuovi prodotti;
- Nuove installazioni di prodotto nel caso di vendite superiori a dispositivi giunti a fine vita tecnica;

Si riporta in Figura V-6 il dettaglio evolutivo dei dispositivi per le province di Torino e Cuneo.

Per gli anni successivi al 2012, anno di fine indagine di mercato, sono stati considerati i trend BAU (business as usual) come rappresentativi dell'evoluzione del parco. Per gli anni fino al 2020 infatti, è stato possibile valutare come il parco edilizio idoneo all'installazione di impianti a biomassa, risultasse ancora “capiente” e vi fosse quindi ancora presenza di edifici potenzialmente servibili da impianti a legna da ardere e pellet, sulla base di quanto definito in fase metodologica.

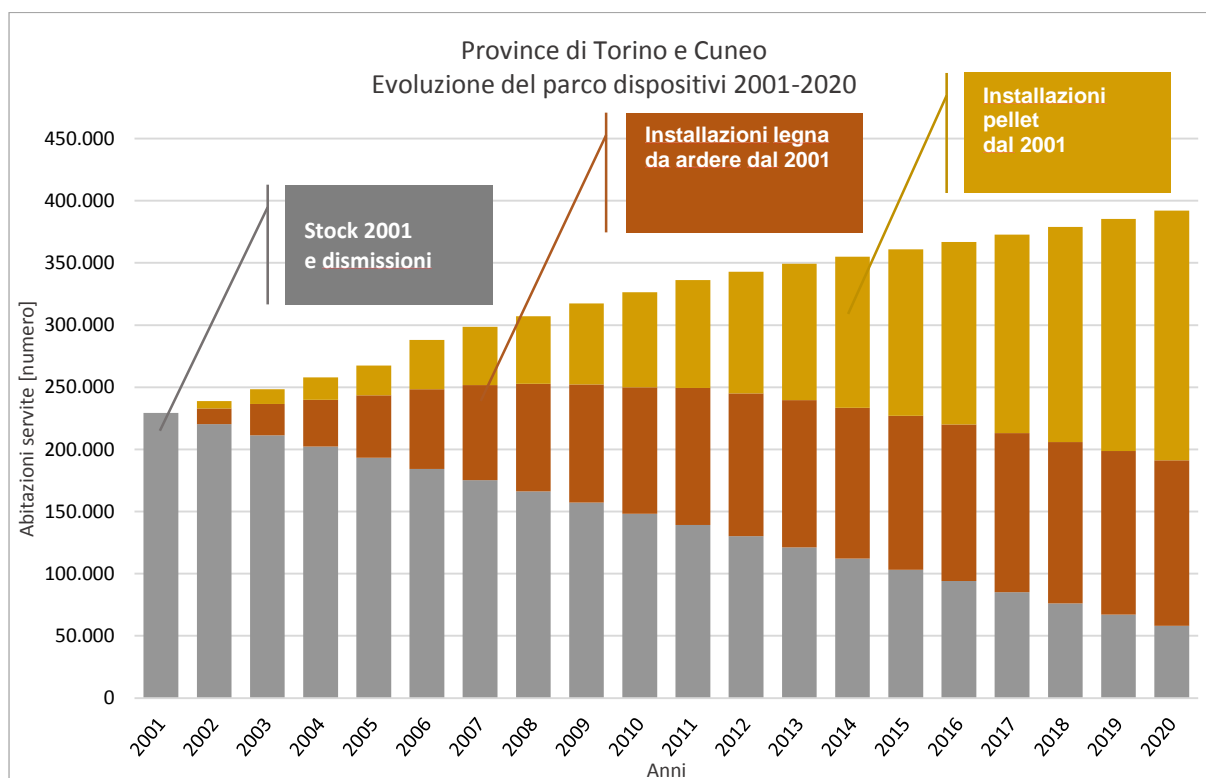


Figura V-6 - Evoluzione del parco dispositivi a biomassa 2001-2020. Dati relativi alle province di Torino e Cuneo

### V.3.3. Calcolo dei consumi di biomassa del settore residenziale

Al fine di effettuare il calcolo dei consumi di biomassa per il periodo 2001-2020 sono state effettuate le seguenti ipotesi e fasi preventive di calcolo:

#### Parco edilizio

In termini di tipologia e numero di edifici il parco edilizio è stato considerato invariato negli anni. L'incidenza di nuove costruzioni risulta infatti trascurabile sul territorio per gli anni oggetto di indagine.



Riguardo a valutazioni inerenti interventi di risparmio energetico, in prima approssimazione tali contributi sono stati considerati trascurabili, includendoli poi in una successiva fase di analisi di scenario.

### Dati climatici

Essenziale è risultata la possibilità di effettuare analisi climatiche di dettaglio sugli anni oggetto calcolo, ai fini di valutare i dati di consumo con dati risultanti da differenti stime, come già effettuato per l'anno 2002 con i dati di fabbisogno di gas naturale e gasolio.

Come descritto in fase metodologica l'analisi è stata effettuata grazie alle informazioni raccolte dalle centraline climatiche presenti sul territorio della Regione Piemonte. Dai dati monitorati di temperatura media giornaliera è stato quindi possibile calcolare, mediante interpolazione con algoritmo "Natural Neighbor" il valore dei Gradi Giorno [GG] distinto per gli anni 2002-2012, con passo 50 m. Tale dato è stato quindi aggregato per sezione censuaria.

Per gli anni successivi al 2012 non essendo presente in fase di elaborazione del modello, dati di dettaglio, è stato considerato un valore di GG pari alla media dei valori per gli anni 2002-2012.

Si riporta in Figura V-7 il dettaglio su scala regionale di ubicazione delle centraline e il risultato di calcolo riferito all'anno 2002.

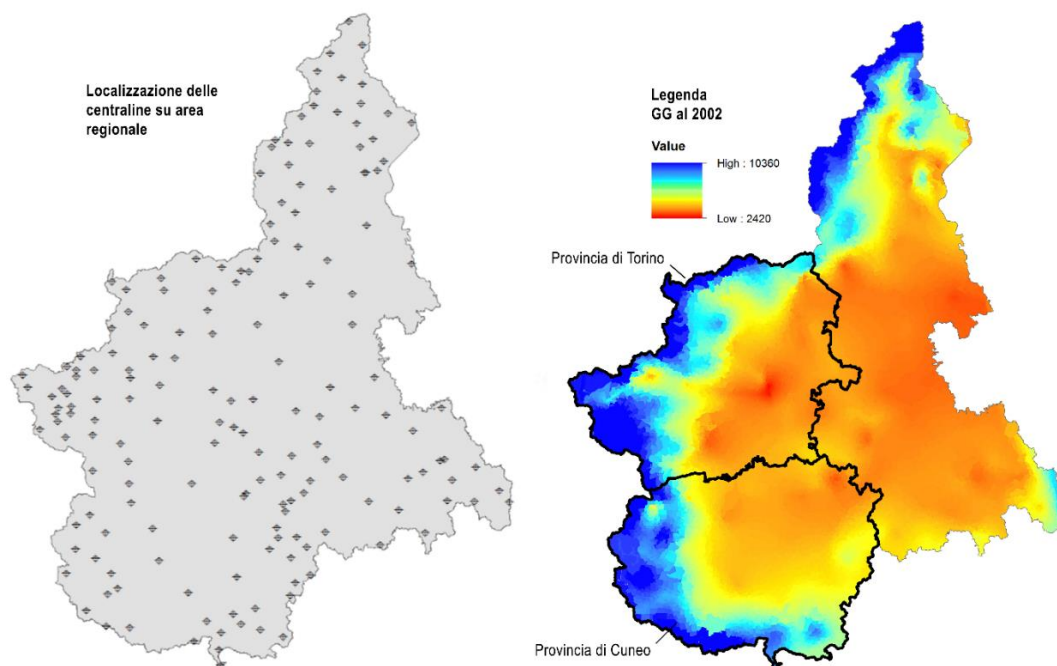


Figura V-7 - Centraline meteo ARPA, disposizione e analisi del valore di GG al 2002

## Calcolo dei consumi di biomassa

Note le informazioni in merito alla consistenza e localizzazione dei dispositivi, con riferimento alle abitazioni descritte dal database di calcolo, e noto il valore di GG reali riferito agli anni oggetto di indagine e alle stime successive per il periodo 2012-2020 è stato possibile effettuare il calcolo dei fabbisogni di biomassa del settore residenziale.

Il risultato fornito con dettaglio di tipologia di dispositivo e localizzazione del consumo rappresenta ad oggi l'analisi di maggior dettaglio effettuata su scala nazionale.

Al fine di valutare la validità dei risultati ottenuti, il valore è stato confrontato con i risultati di un'indagine svolta sul territorio piemontese al 2007 e condotta dall'ente di ricerca IPLA s.p.a. – Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente [5].

Tale indagine di riferimento si era occupata essenzialmente della valutazione dei soli consumi di legna da ardere. Lo studio era stato effettuato mediante indagini telefoniche interessando una base statistica rilevante di famiglie nel territorio regionale.

Dal confronto dei risultati di modello e dei risultati ottenuti da IPLA, riportati in Tabella V-10, è stato possibile confermare la validità del modello. I risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia descritta infatti rientrano all'interno degli intervalli di confidenza dello studio condotto mediante indagine telefoniche.

Tabella V-10 - Risultati di modello, consumo di biomassa

Area RENERFOR	Indagine IPLA	Risultati di modello (anno 2007)
Fabbisogno di legna da ardere [ktep] (min÷max)	<b>373</b> (336÷411)	<b>397</b> (357÷437)
Fabbisogno di pellet [ktep] (min÷max)	-	<b>48</b> (43÷53)

I risultati, ottenuti a livello di singola abitazione, con dettaglio di localizzazione su singola sezione censuaria, vengono di seguito riportati come aggregato di area e provinciale.

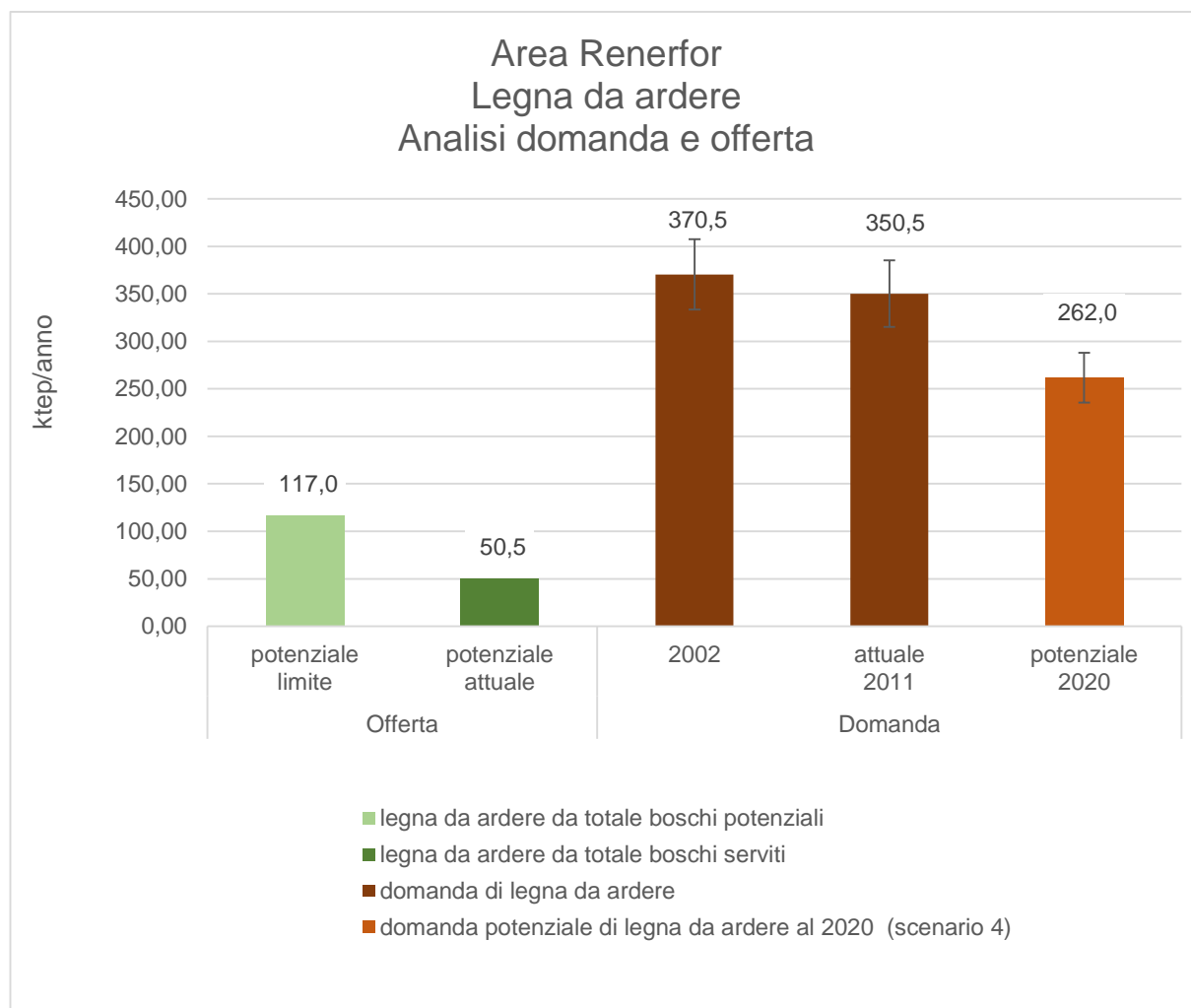


Figura V-8 - Analisi domanda e offerta di legna da ardere – Area RENERFOR



**Figura V-9 - Analisi domanda e offerta di pellet – Area RENERFOR**

I dati, mediante analisi con software GIS sono state inoltre utilizzati al fine di realizzare carte tematiche relative all'uso di legna da ardere e pellet nel settore residenziale. I risultati ottenuti, pubblicati all'interno dei risultati del progetto RENERFOR, all'interno del documento in fase di stampa "Piano stralcio per l'uso energetico della biomassa legnosa nel territorio montano delle province di Torino e Cuneo" [32].

## AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR CONSUMI DI BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2002

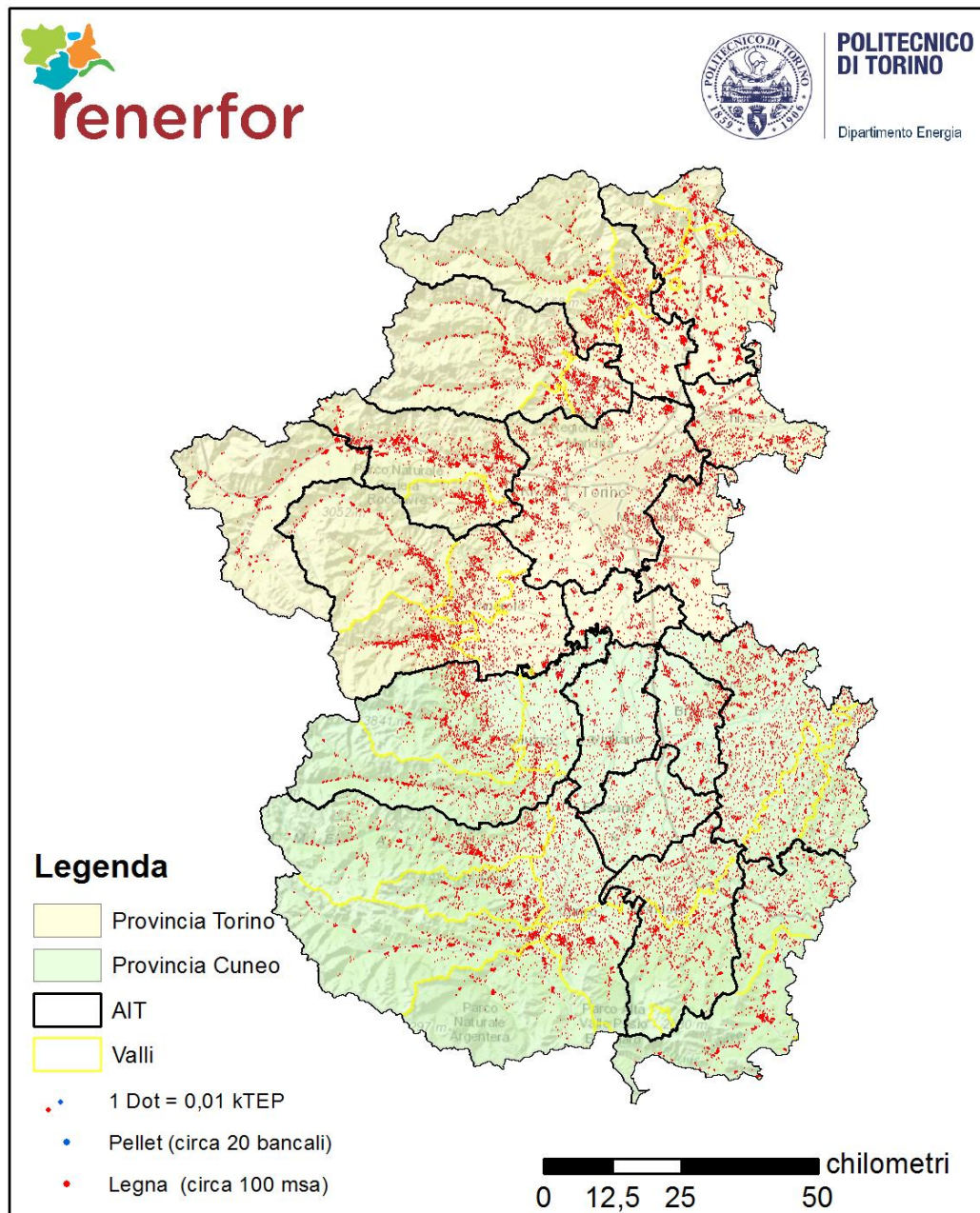


Figura V-10 - Consumi di biomassa nel settore residenziale, province di Torino e Cuneo (anno 2002)



# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR CONSUMI DI BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2011

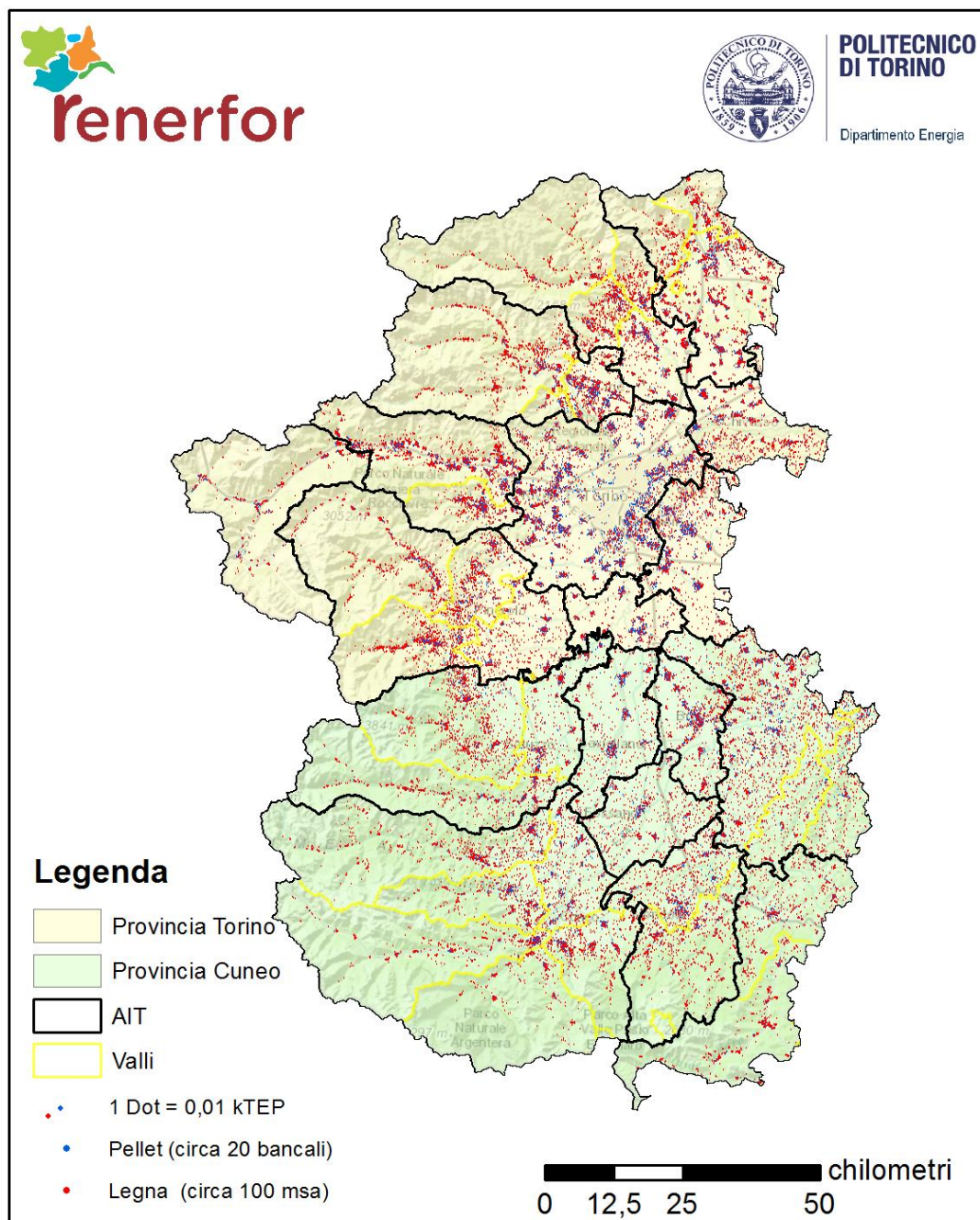


Figura V-11 - Consumi di biomassa nel settore residenziale, province di Torino e Cuneo (anno 2011)

# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR CONSUMI DI BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2020

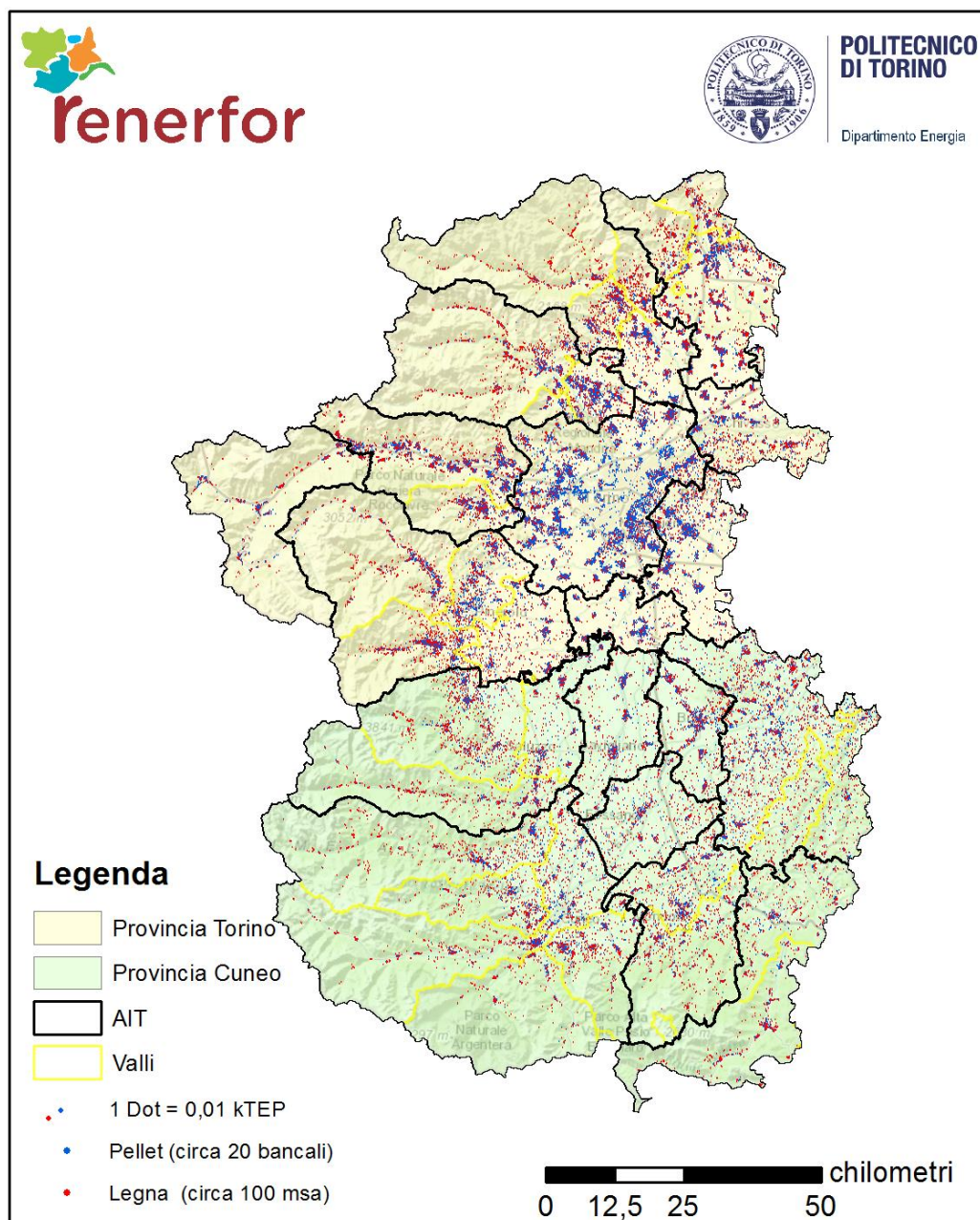


Figura 8 - Consumi di biomassa nel settore residenziale, province di Torino e Cuneo (anno 2020)



# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR POTENZIALE RESIDUO BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2002

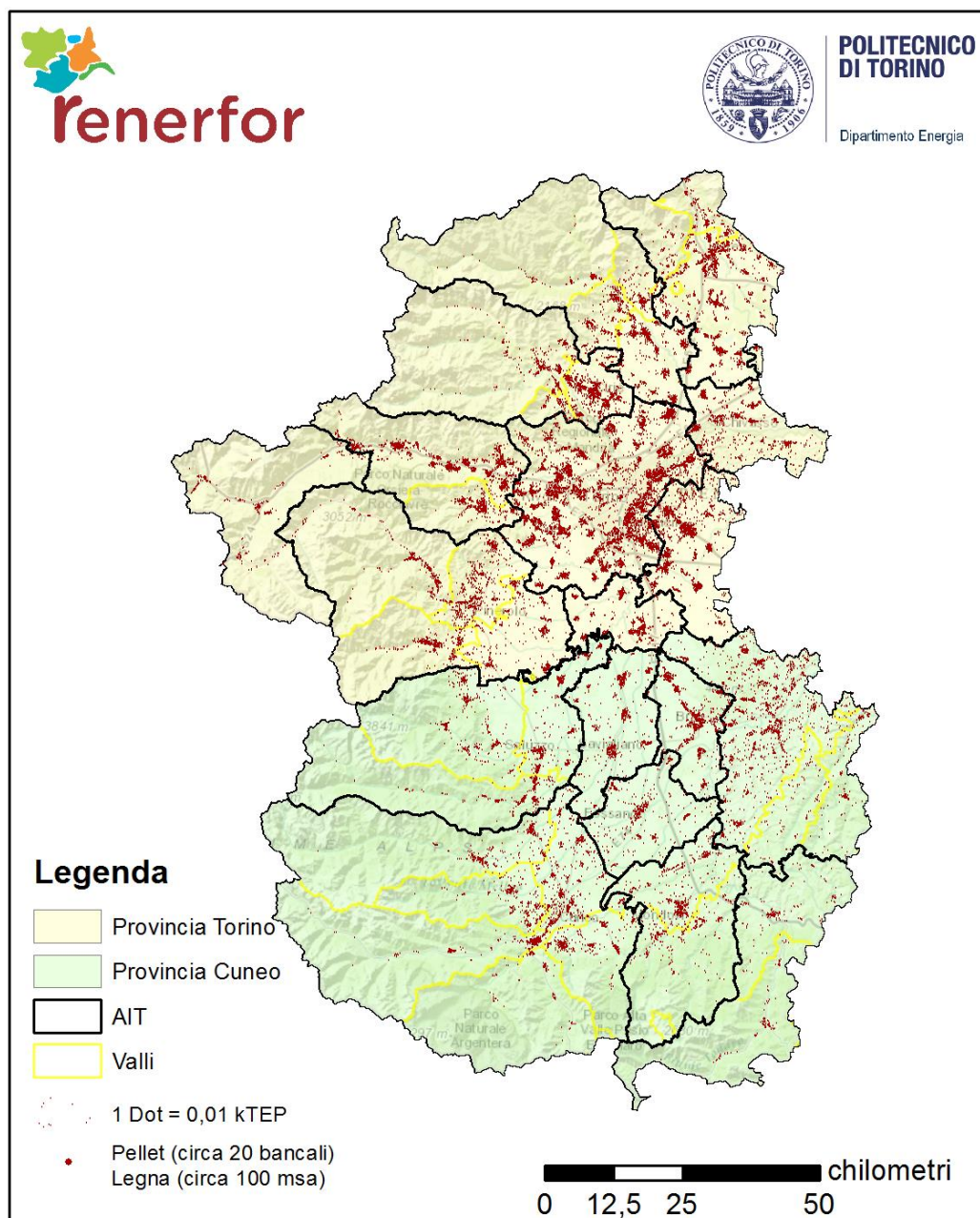


Figura 9 – Potenziale residuo per uso residenziale di biomassa, province di Torino e Cuneo (anno 2002)



# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR POTENZIALE RESIDUO BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2011

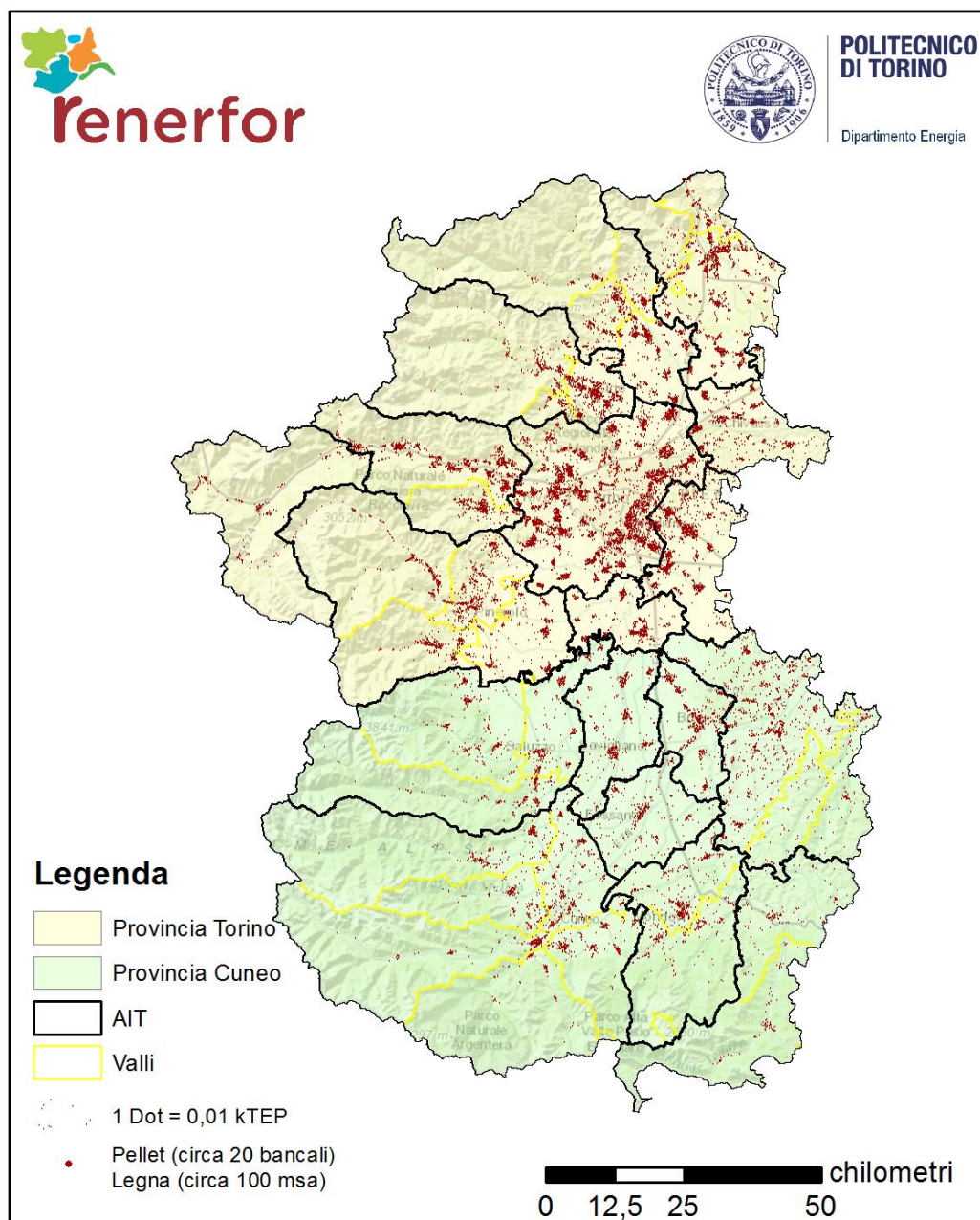


Figura 10 – Potenziale residuo per uso residenziale di biomassa, province di Torino e Cuneo (anno 2011)

# AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR POTENZIALE RESIDUO BIOMASSA SETTORE RESIDENZIALE 2020

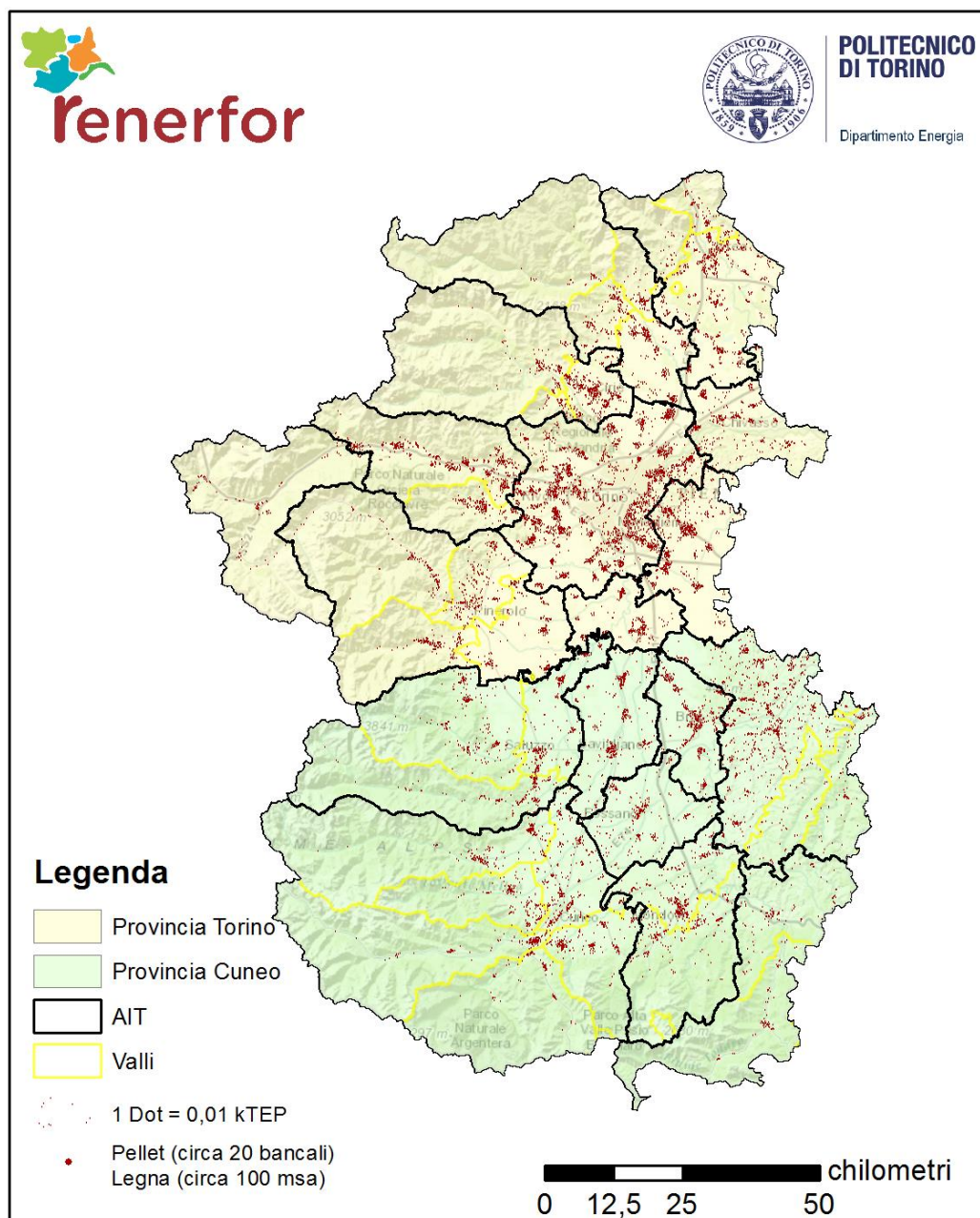


Figura V-12 – Potenziale residuo per uso residenziale di biomassa, province di Torino e Cuneo (anno 2020)

#### V.3.4. Analisi di scenario

L'applicazione dei differenti scenari di intervento, come indicato in fase metodologica ha permesso di valutare i risultati conseguibili da interventi di efficientamento energetico realizzabile sul parco edilizio residenziale oggetto di indagine.

Si riportano in figura i dati relativi ai fabbisogni di biomassa derivanti dall'applicazione dei differenti scenari.

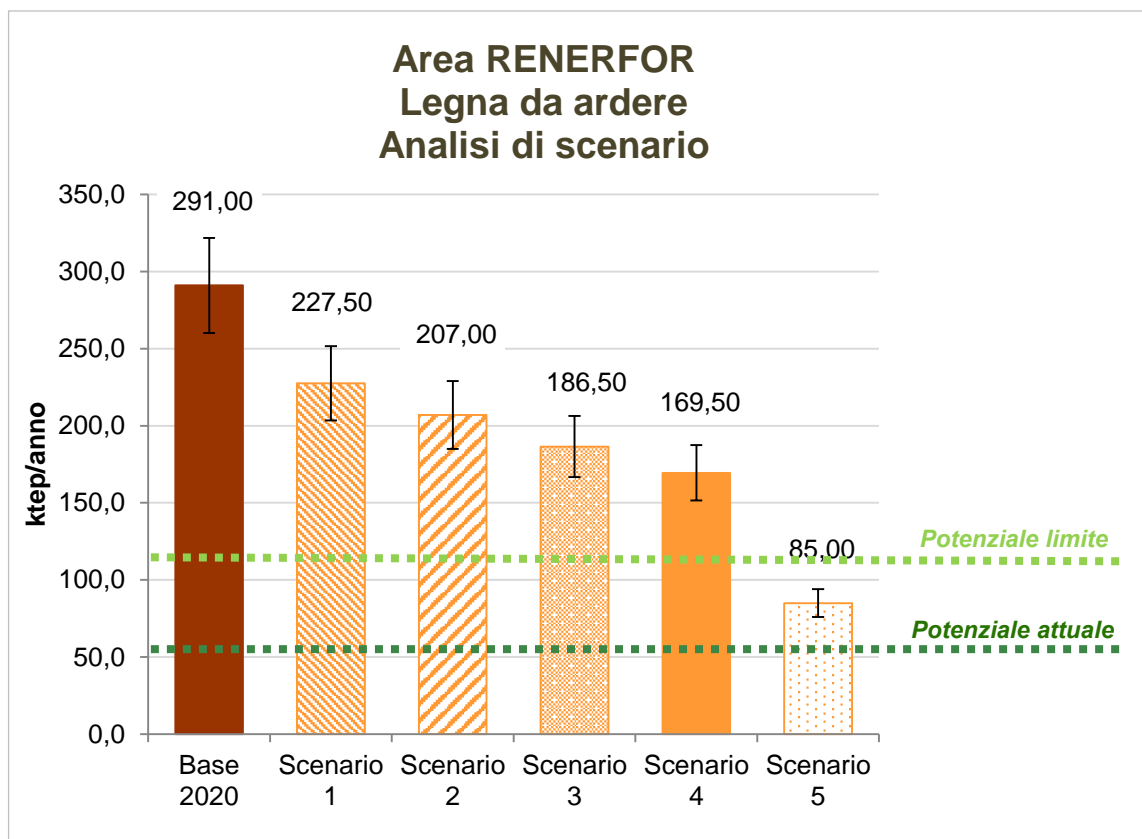


Figura V-13 - Analisi di scenario domanda e offerta di legna da ardere al 2020.

Area RENERFOR

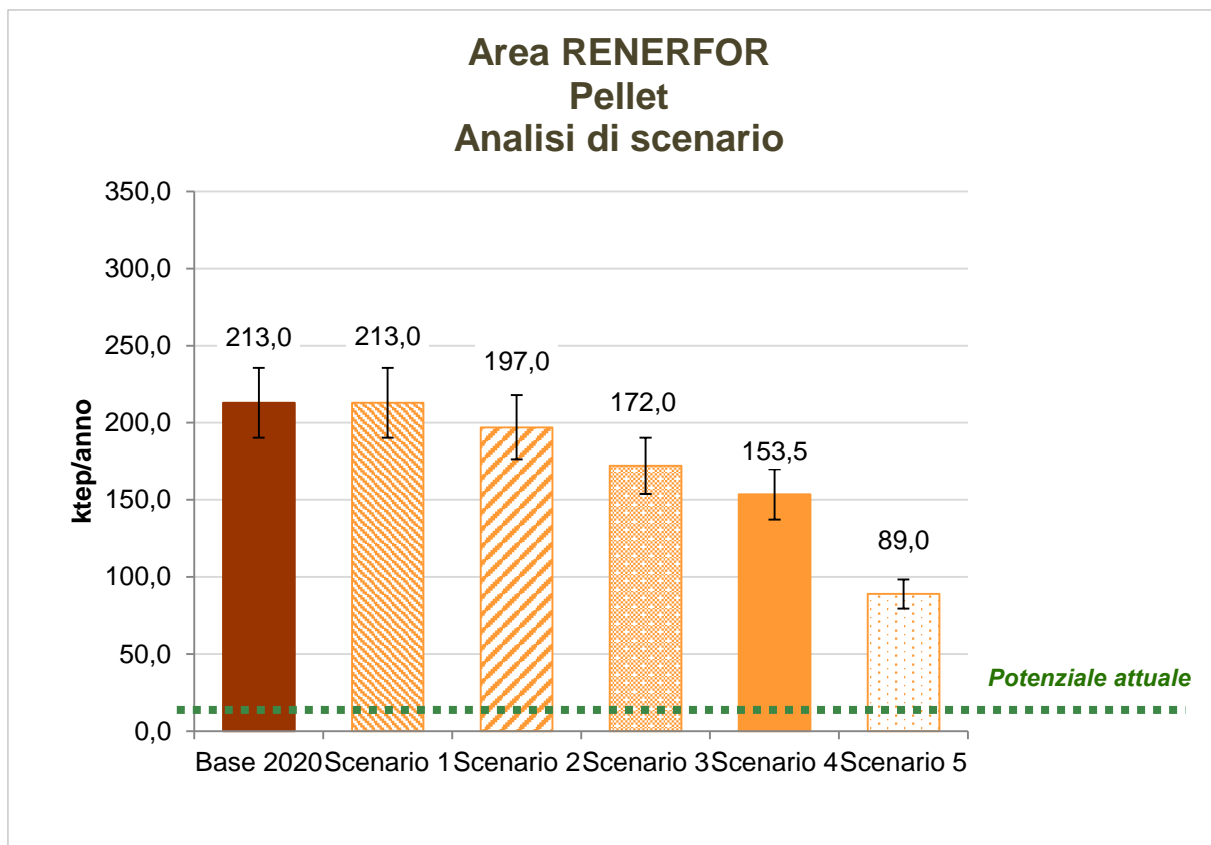


Figura V-14 - Analisi di scenario domanda e offerta di pellet al 2020. Area RENERFOR

La valutazione dei consumi di biomassa nel settore terziario e industriale è stata condotta, come descritto in fase metodologica (paragrafi IV.4 e IV.5), attraverso un'attività di censimento dedicata.

#### *V.4.1. Impianti esistenti*

L'attività di censimento degli impianti di potenza termica superiore a 100 kW condotta a livello delle province di Torino e Cuneo, sulla base di quanto descritto al paragrafo IV.5 ha permesso di realizzare un database georeferenziato per un totale di 99 impianti.

Tali impianti sono stati caratterizzati in termini di stato (esistente, autorizzato, dismesso), tipologia impiantistica, e dati tecnici di potenza e fabbisogni energetici, sulla base delle informazioni riportate nelle schede realizzate e descritte al paragrafo IV.5.2.

# AREA DI STUDIO RENERFOR IMPIANTI CENSITI

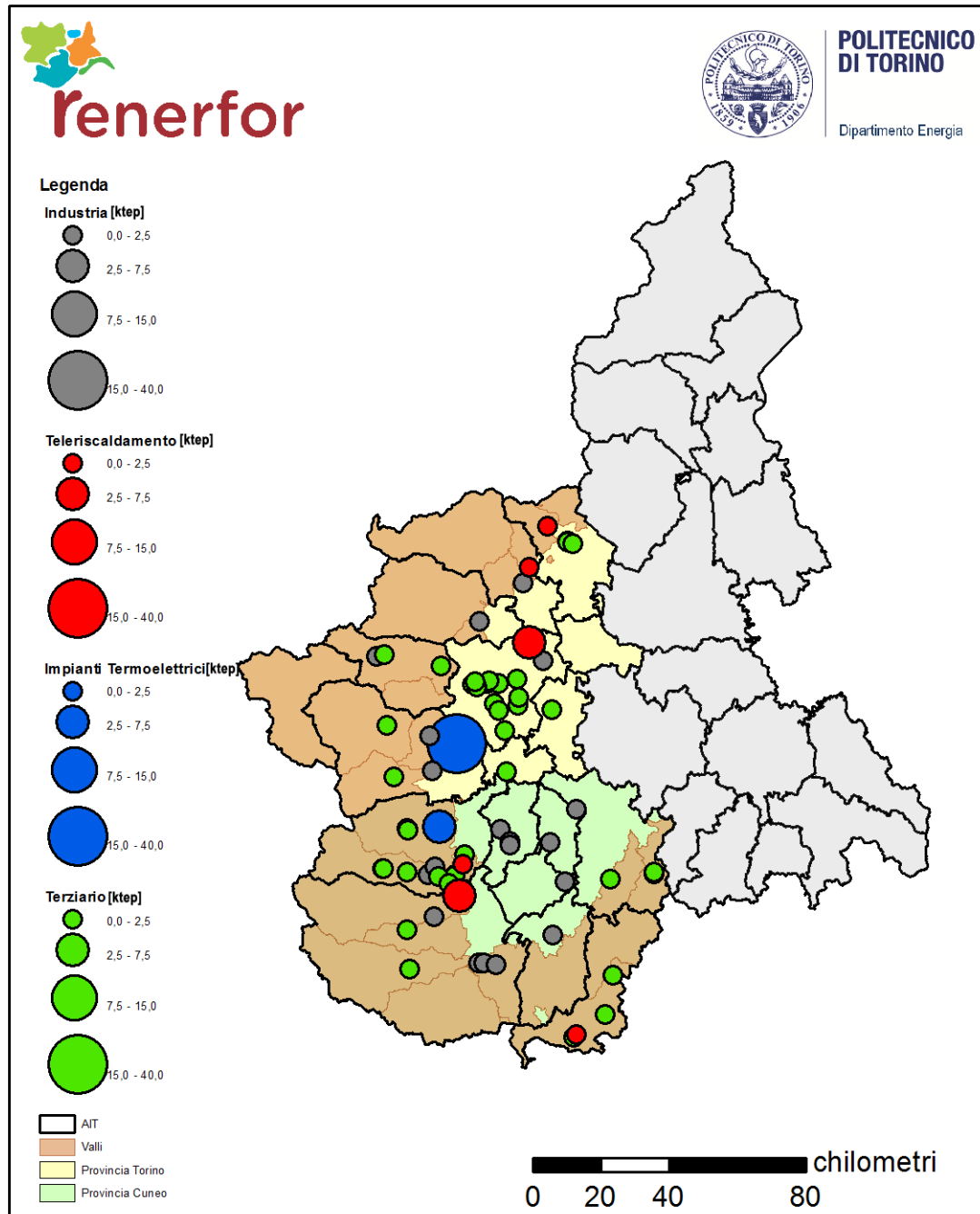


Figura V-15 - Impianti alimentati a cippato censiti. Area RENERFOR

#### *V.4.2. Edifici del settore terziario pubblico*

Sulla base dei dati raccolti nell'area di indagine sono stati censiti un totale di 145 edifici, caratterizzati in termini di consumi energetici, volumetria, superficie e destinazione d'uso, come descritto in fase metodologica al paragrafo IV.4. I dati raccolti hanno permesso di integrare i dati già in possesso e relativi a precedenti indagini già condotte su scala regionale, riportanti informazioni relative al settore ospedaliero e scolastico.

Tale indagine è stata in seguito utilizzata in sede di valutazione del potenziale di sviluppo di reti di teleriscaldamento sul territorio.

Le risposte ottenute, seppur frammentarie sia in termini di copertura territoriale, che in termini di informazioni effettivamente fornite attraverso le schede di censimento, hanno permesso di integrare e ampliare l'indagine dello sviluppo potenziale di reti di teleriscaldamento considerando tali utenze come servibili da piccole/medie reti alimentate a biomassa.

Si riporta in Figura V-16 la cartografia riportante la localizzazione sul territorio delle utenze censite.



# Individuazione di potenziali baricentri di utilizzazione energetica Censimento Edifici

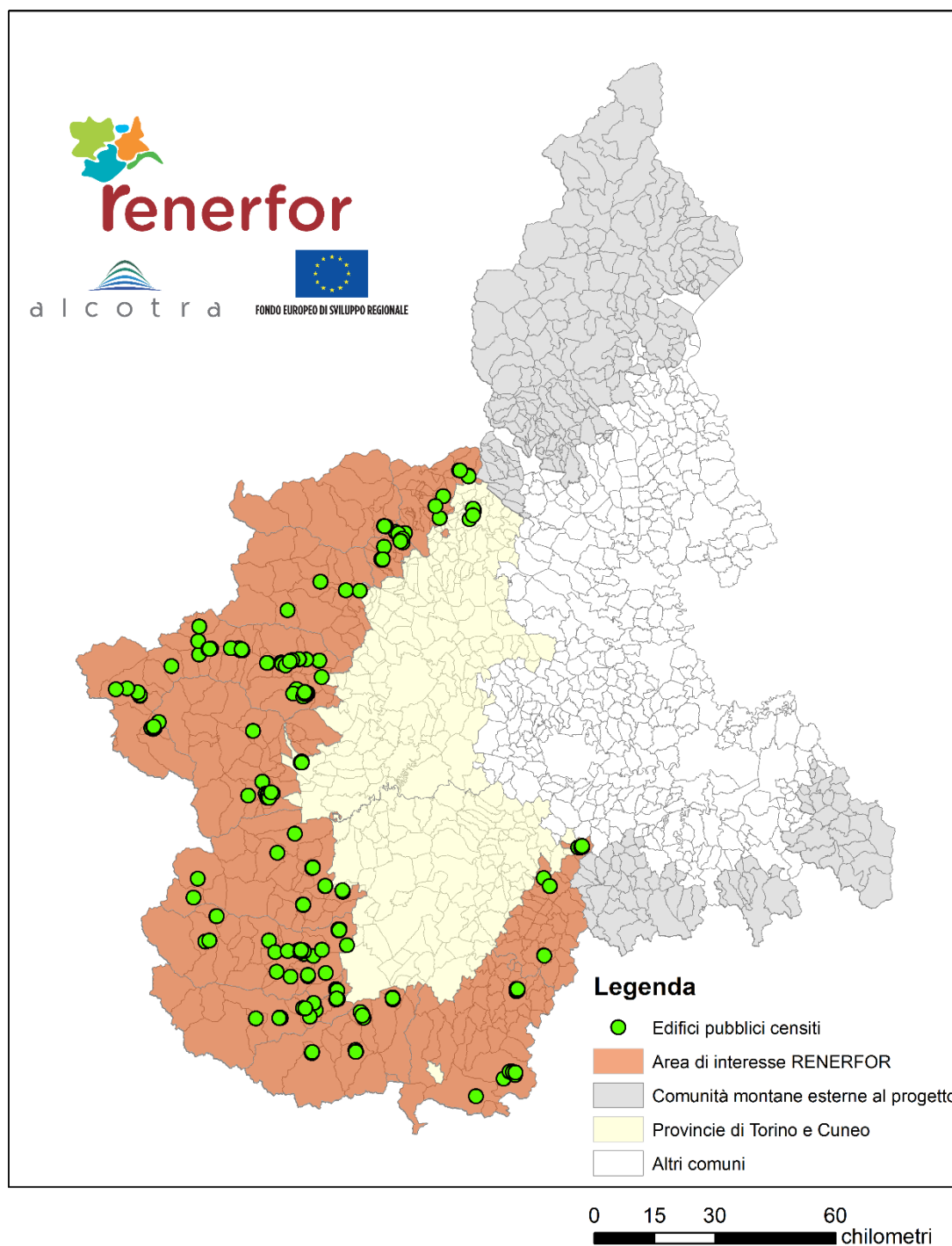


Figura V-16 - Localizzazione sul territorio delle utenze censite. Area RENERFOR

#### *V.4.3. Analisi del potenziale di sviluppo di reti di teleriscaldamento*

Di notevole interesse dal punto di vista della valutazione di scenari potenziali di utilizzo di cippato forestale risulta l'applicazione della metodologia di indagine relativa allo sviluppo di piccole/medie reti di teleriscaldamento sul territorio riportata al paragrafo 0.

Sulla base dei dati di volumetria e tipologia impiantistica ricavati e elaborati sulla base delle informazioni contenute all'interno del *"Database di dettaglio ISTAT"* è stato possibile ricavare una carta tematica riportante informazioni in merito alla densità edilizia [ $\text{m}^3$  edifici/ $\text{m}^2$  di sezione censuaria] relativa a tipologie edilizia caratterizzata da elevata volumetria ( $V > 1000 \text{ m}^3$ ) e presenza di impianti di tipo centralizzato.

La cartografia realizzata ha permesso quindi di individuare le aree maggiormente idonee all'installazione di impianti di reti di teleriscaldamento.

I dati ottenuti dal modello in termini di fabbisogni energetici netti e primari hanno quindi permesso, con indagine dedicata su singole aree geografiche, di valutare la quota di energia da erogare alle utenze potenzialmente servibili e sulla base di simulazioni di esercizio, i fabbisogni attesi di cippato di origine forestale.

Si riportano in Figura V-17 i risultati ottenuti dall'indagine condotta secondo quanto descritto in metodologia (paragrafo IV.6). I risultati dello studio hanno permesso di individuare sul territorio delle provincie di Torino e Cuneo un totale di 22 impianti potenzialmente installabili e due potenziamenti di impianti attualmente esistenti (comune di Leini e Castellamonte).

I dati dell'analisi sono riassunti in Tabella V-11.



Tabella V-11 - Analisi del potenziale di installazione di reti di teleriscaldamento alimentate a cippato. Area RENERFOR

Comune	Volumetria utenza [Mm³]	Potenza di picco [MW]	Energia all'utenza [GWh]	Energia in centrale [GWh]	Fabbisogno di biomassa complessivo [GWh]	Fabbisogno di biomassa per ORC [GWh]	Potenza ORC [MW]	Produzione elettrica ORC [GWh]	PES
Pinerolo	1,46	38,51	68,28	80,33	119,05	65,92	1,86	10,93	17%
Ivrea	0,74	19,50	35,58	41,86	69,02	48,75	1,34	8,08	13%
Cirié	0,51	13,56	23,23	27,33	46,64	34,76	1,02	5,76	12%
Bardonecchia	0,65	20,84	27,78	32,68	60,40	49,56	1,86	8,21	9%
Rivarolo Canavese	0,27	7,02	12,70	14,94	23,47	15,10	0,42	2,50	15%
Cuorgné	0,26	6,97	13,56	15,95	25,10	16,22	0,42	2,69	15%
Avigliana	0,26	6,81	12,28	14,45	22,90	15,03	0,42	2,49	14%
Giaveno	0,29	7,90	11,51	13,54	31,29	29,55	1,02	4,90	1%
Luserna	0,18	4,96	8,44	9,93	17,84	14,20	0,42	2,35	10%
Sestriere	0,40	14,05	28,53	33,57	79,35	75,49	1,86	12,51	1%
Sauze d'Oulx	0,31	10,20	20,04	23,58	55,35	52,54	1,34	8,71	1%
Leini	0,51	13,47	14,90	17,53	29,98	22,43	1,02	3,72	12%
Susa	0,27	7,28	11,85	13,94	21,65	13,58	0,42	2,25	15%
Castellamonte	0,17	4,50	9,13	10,75	20,25	16,92	0,42	2,80	8%
Cuneo	1,48	40,55	90,51	106,48	155,86	82,98	1,86	13,76	17%
Bra	0,66	17,40	32,61	38,37	66,18	50,08	1,34	8,30	11%
Fossano	0,57	15,45	28,21	33,20	53,88	37,02	1,02	6,14	13%
Mondovì	0,33	9,15	16,99	19,98	35,21	27,38	0,74	4,54	11%
Saluzzo	0,41	10,85	21,17	24,90	40,94	28,77	0,74	4,77	13%
Savigliano	0,46	12,02	26,14	30,76	55,33	44,11	1,02	7,31	10%
Borgo San Dalmazzo	0,17	4,90	10,45	12,29	15,36	-	-	-	-
Racconigi	0,14	3,64	7,41	8,72	18,61	16,98	0,42	2,81	4%
Limone Piemonte	0,16	4,85	8,03	9,45	22,34	21,26	0,64	3,52	1%
Dronero	0,11	3,15	5,12	6,02	14,24	13,55	0,42	2,25	1%

# **AREA DI STUDIO PROGETTO RENERFOR** **ENERGIA DA BIOMASSA** **AREE TELERISCALDATE E** **AREE TELERISCALDABILI AL 2020**

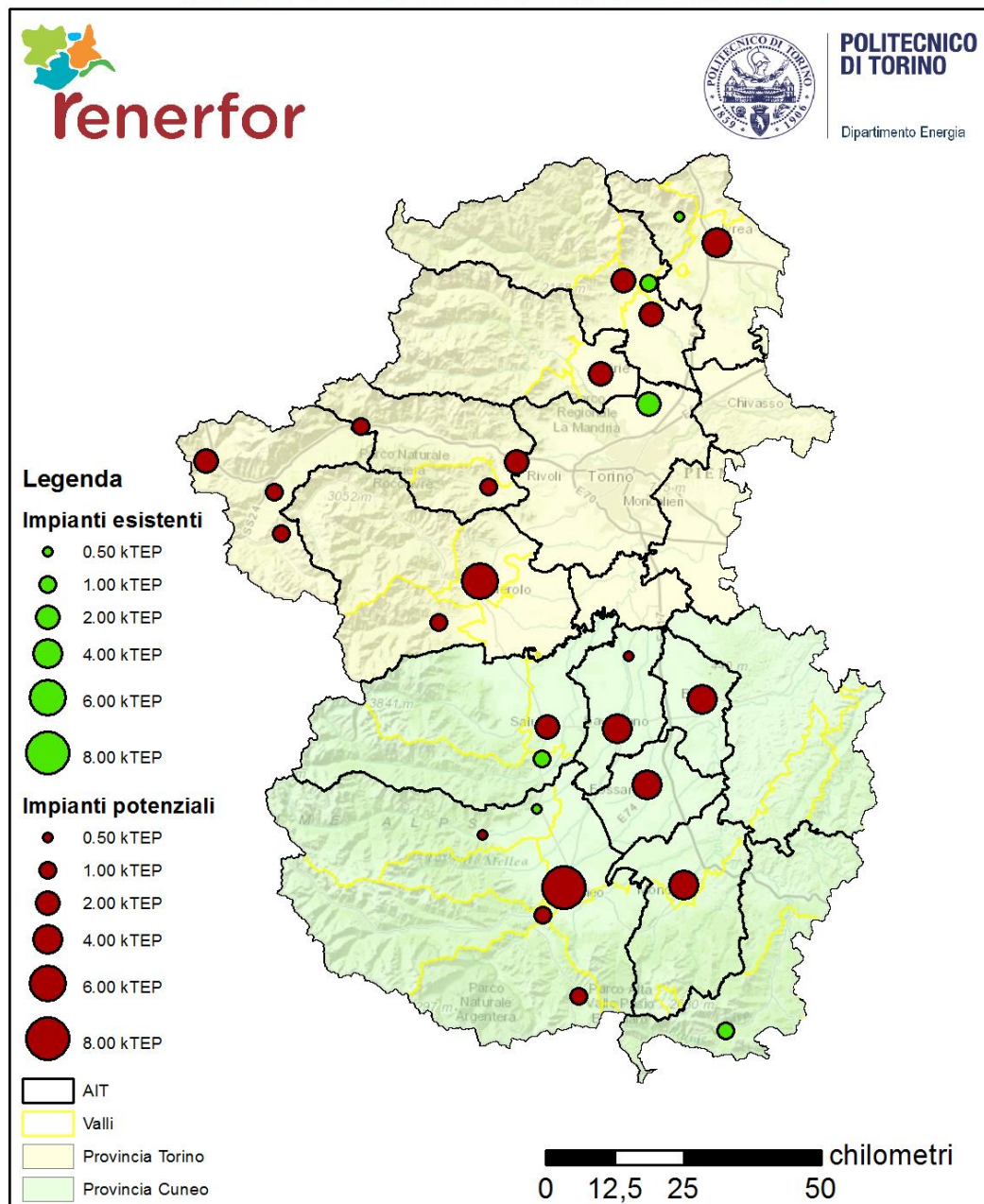
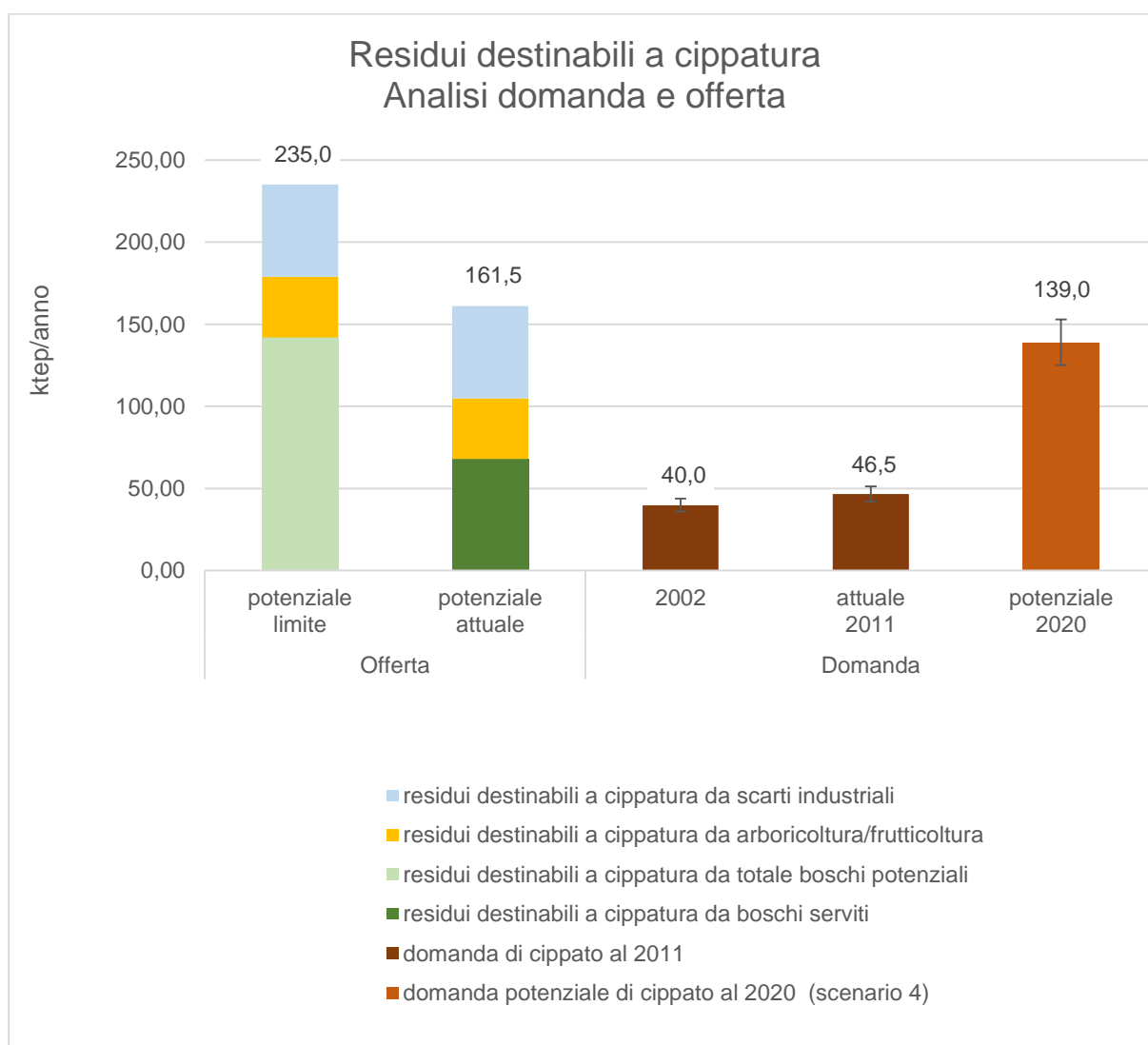


Figura V-17 - Impianti esistenti e potenziali a servizio di reti di teleriscaldamento alimentate a biomassa - Area RENERFOR

#### V.4.4. Calcolo dei consumi di biomassa del settore industriale e terziario

Sulla base delle attività di censimento e analisi di scenario sul territorio oggetto di indagine è stato quindi possibile effettuare la stima della domanda di biomassa forestale destinata a cippatura richiesta sul territorio.

I dati vengono di seguito riportati in forma aggregata per le province di Torino e Cuneo (Area di indagine RENERFOR). Come effettuato già in sede di analisi dei consumi di legna da ardere e pellet, si riporta il confronto con la disponibilità di biomassa destinabile a cippatura, sempre valutata sulla base dei dati forniti da IPLA s.p.a all'interno delle attività condotte nel progetto RENERFOR.



## **VI. Analisi dei risultati**

---

Sulla base dei risultati ottenuti, in merito ai consumi attuali di biomassa ai fini energetici è immediato capire come l'attuale mercato di biomassa risulti fortemente squilibrato verso la richiesta da parte del settore residenziale, se confrontato con le disponibilità del territorio.

Ad oggi tale domanda risulta infatti coperta in parte da disponibilità locali prodotte secondo uno sfruttamento sostenibile del territorio, in parte da sovra-sfruttamento delle aree e in ultima quota da importazioni da regioni limitrofe o nazioni europee (nel caso di legna da ardere) ed extraeuropee (nel caso del pellet).

Data la natura rinnovabile della fonte energetica utilizzata risulta però contraddittoria l'importazione da paesi esterni all'area di utilizzo della fonte stessa, comportando un dispendio energetico e impatti ambientali conseguenti alla movimentazione della biomassa.

La simulazione di analisi di scenario ha permesso però di comprendere come l'attuale consumo di prodotti legnosi ai fini energetici possa essere notevolmente ridotto attraverso politiche a favore di interventi di risparmio energetico rivolte al settore residenziale.

Dall'analisi dei risultati conseguibili attraverso le valutazioni di scenario realistiche e maggiormente performanti dal punto di vista energetico (Scenario 4) risulta però evidente come lo sfruttamento sostenibile dei boschi locali, nelle aree oggetto di indagine non risulti ancora sufficiente ad una copertura dei consumi del settore residenziale, mentre risulta disponibile un margine di sfruttamento di biomassa ad oggi destinabile, per qualità e tipologia forestale, alla produzione di cippato forestale.

### **VI.1. Valutazione del potenziale di realizzazione di filiere energetiche innovative**

Gli studi condotti all'interno dell'attività di dottorato hanno quindi investigato, attraverso l'avvio di due progetti di ricerca finanziati (PELLETChip; AlterPELLET), la possibilità di

coprire parte dei fabbisogni previsti di pellet, con l'utilizzo di cippato essiccato e calibrato, al fine di permettere un riallineamento fra la domanda di biomassa ai fini energetici producibile da filiere sostenibili locali.

Al fine di valutare la biomassa retraibile dalle foreste situate sul territorio si è fatto riferimento allo strumento di analisi "CDLP - Applicazione per il calcolo della disponibilità potenziale delle risorse legnose derivanti dai boschi del Piemonte" sviluppato nell'ambito del progetto RENERFOR e alla base delle indagini condotte da IPLA s.p.a. in merito alla disponibilità di biomassa forestale locale.

L'analisi è stata condotta sulla base dei dati grezzi disponibili a livello di singole particelle forestali, andando a definire sulla base delle tipologie di biomassa e di gestione del bosco, i coefficienti di prelievo rappresentativi della filiera di produzione di cippato vagliato.

#### *VI.1.1. Provvigioni e indici di prelievo e assortimenti delle produzioni forestali*

Sulla base di quanto sviluppato all'interno dell'applicativo CDLP [6], l'analisi si basa sulla definizione delle provvigioni, degli indici di prelievo e degli assortimenti delle produzioni forestali.

Nell'analisi sono stati considerati i valori relativi alle provvigioni e gli indici di prelievo definiti da IPLA s.p.a., così come descritti nella guida di utilizzo dell'applicativo<sup>6</sup>.

Grazie al supporto di partner di progetto sono state invece apportate alcune modifiche sostanziali nel caso della valutazione degli assortimenti delle produzioni forestali, dovendo l'analisi tenere conto della produzione di materiale forestale dedicato all'esclusiva produzione di cippato vagliato.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le percentuali degli assortimenti forestali considerati:

- cippato,
- legna da ardere,
- paleria,
- tondame da lavoro,

---

<sup>6</sup> [http://www.sistemapiemonte.it/montagna/sifor/dwd/CDLP\\_Guida\\_utilizzo.pdf](http://www.sistemapiemonte.it/montagna/sifor/dwd/CDLP_Guida_utilizzo.pdf)

- cippato vagliato [M15 P16S]<sup>7</sup>.

Nel caso della produzione di cippato vagliato è inoltre riportato il dettaglio delle percentuali di produzione precedentemente destinate a produzione di legna, da convertire a favore della filiera e percentuali derivanti da conversione di altri assortimenti.

La distinzione è effettuata considerando i risultati del progetto RENERFOR, i quali sottolineano come l'attuale produzione di legna da ardere risulti attualmente non sufficiente a coprire la domanda del mercato locale, non risulterebbe pertanto utile effettuare una conversione di tale produzione a favore della filiera di cippato vagliato.

Attraverso i coefficienti di provvigione e retraibilità è stata quindi valutata l'offerta di cippato forestale proveniente da foreste locali. I dati forniti nelle analisi sono stati aggregati su base comunale e riportati su database GIS per lo sviluppo delle analisi di scenario

#### *VI.1.2. Classi di priorità*

Al fine di fornire adeguato dettaglio alla filiera di produzione di cippato vagliato sono state inoltre definite cinque classi di priorità di intervento, distinte per tipologie forestali e intervento.

Le classi individuate, riportate in Tabella VI-8, saranno utilizzate nella fase di elaborazioni di scenari per meglio valutare la possibile provenienza del materiale da destinare alla filiera di produzione analizzata nello studio.

---

<sup>7</sup> secondo standard normativo [43]

Tabella VI-1 - Percentuale di biomassa prelevata da destinare a produzione di cippato

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione		
		CC	RB	CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR	EC	EN
Alneti planiziali e montani	AN	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Castagneti	CA	0,55	0,55	0,275	0,385	0,385	0,385	0,385	0,44	0,44	0,44	0,44	0,55	0,55
Acero-tiglio-frassineti	AF	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,25	0,25
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,25	0,25
Faggete	FA	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,25	0,25
Querceto-carpineti	QC	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Querceti di roverella	QR	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Querceti di rovere	QV	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cerrete	CE	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Orno-ostrieto	OS	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Robineti	RB	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Pinete di pino silvestre	PS	0,385	0,385	0,55	0,275	0,55	0,55	0,55	0,385	0,385	0,385	0,385	0,55	0,55
Pinete di pino montano	PN	0,25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Pinete di pino marittimo	PM	0,25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Rimboschimenti	RI	0,385	0,385	0,55	0,275	0,55	0,55	0,55	0,385	0,385	0,385	0,385	0,55	0,55
Lariceti e cembrete	LC	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Abetine	AB	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Peccete	PE	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Arbusteti subalpini	OV	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Tabella VI-2 - Percentuale di biomassa prelevata da destinare a produzione di legna da ardere

		Cure colturali			Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento	Diradamento		Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione			
		CC	RB	CE		DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR		
Alneti planiziali e montani	AN	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Castagneti	CA	0,04	0,04	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
Acero-tiglio-frassineti	AF	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,1	0,1	0,25	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Faggete	FA	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,65	0,65	
Quercu-carpineti	QC	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Querceti di roverella	QR	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Querceti di rovere	QV	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Cerrete	CE	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Orno-ostrieto	OS	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Robineti	RB	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	
Pinete di pino silvestre	PS	0	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0	0	0	0	0	0	
Pinete di pino montano	PN	0,35	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Pinete di pino marittimo	PM	0,35	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Rimboschimenti	RI	0	0	0,05	0	0,05	0,05	0,05	0	0	0	0	0,05	0,05	
Lariceti e cembrete	LC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Abetine	AB	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Pecce	PE	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	
Arbusteti subalpini	OV	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	



Tabella VI-3 - Percentuale di biomassa prelevata da destinare a produzione di paleria

		Cure colturali			Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento	Diradamento		Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione			
		CC	RB	CE		DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR		
Alneti planiziali e montani	AN	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Castagneti	CA	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,15	0,15	
Acero-tiglio-frassineti	AF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Faggete	FA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Querceto-carpineti	QC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Querceti di roverella	QR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Querceti di rovere	QV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cerrete	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Orno-ostrieto	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Robineti	RB	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Pinete di pino silvestre	PS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pinete di pino montano	PN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pinete di pino marittimo	PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rimboschimenti	RI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Lariceti e cembrete	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abetine	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Peccete	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arbusteti subalpini	OV	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

Tabella VI-4 - Percentuale di biomassa prelevata da destinare a produzione di tondame

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione		
		CC	RB		CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB		
Alneti planiziali e montani	AN	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Castagneti	CA	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Acero-tiglio-frassineti	AF	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Faggete	FA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Quercu-carpineti	QC	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Querceti di roverella	QR	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Querceti di rovere	QV	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Cerrete	CE	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Orno-ostrieto	OS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Robineti	RB	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Pinete di pino silvestre	PS	0	0	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Pinete di pino montano	PN	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Pinete di pino marittimo	PM	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Rimboschimenti	RI	0	0	0,4	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Lariceti e cembrete	LC	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Abetine	AB	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Peccete	PE	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Arbusteti subalpini	OV	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Tabella VI-5 - Percentuale di biomassa prelevata da destinare a produzione di cippato vagliato

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione		
		CC	RB	CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR	EC	EN
Alneti planiziali e montani	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castagneti	CA	0,335	0,335	0,45	0,34	0,34	0,34	0,34	0,285	0,285	0,285	0,285	0	0
Acero-tiglio-frassineti	AF	0,45	0,45	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0,475	0	0
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,5	0,5	0,475	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,5	0,5
Faggete	FA	0,13	0,13	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0	0
Quercu-carpineti	QC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di roverella	QR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di rovere	QV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrete	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orno-ostrieto	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Robineti	RB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino silvestre	PS	0,615	0,615	0	0,725	0	0	0,05	0,215	0,215	0,215	0,215	0,05	0,05
Pinete di pino montano	PN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino marittimo	PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rimboschimenti	RI	0,615	0,615	0	0,725	0	0	0	0,215	0,215	0,215	0,215	0	0
Lariceti e cembrete	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abetine	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peccete	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti subalpini	OV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella VI-6 – Cippato vagliato: dettaglio della percentuale di biomassa prelevata precedentemente destinata a produzione di legna da ardere

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione		
		CC	RB	CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR	EC	EN
Alneti planiziali e montani	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castagneti	CA	0,16	0,16	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0
Acero-tiglio-frassineti	AF	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faggete	FA	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0	0
Querceto-carpineti	QC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di roverella	QR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di rovere	QV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrete	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orno-ostrieto	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Robineti	RB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino silvestre	PS	0,05	0,05	0	0,05	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Pinete di pino montano	PN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino marittimo	PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rimboschimenti	RI	0,35	0,05	0	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0
Lariceti e cembrete	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abetine	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peccete	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti subalpini	OV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella VI-7 - Cippato vagliato: dettaglio della percentuale di biomassa prelevata precedentemente destinata a produzioni diverse da legna da ardere

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione				Evoluzione controllata	Evoluzione naturale
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione		
		CC	RB	CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR	EC	EN
Alneti planiziali e montani	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saliceti e pioppeti ripari	SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Castagneti	CA	0,55	0,55	0,275	0,385	0,385	0,385	0,385	0,44	0,44	0,44	0,44	0	0
Acero-tiglio-frassineti	AF	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0	0
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	0,25	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,25	0,25
Faggete	FA	0	0	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0	0
Quercio-carpineti	QC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di roverella	QR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Querceti di rovere	QV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerrete	CE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orno-ostrieto	OS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Robinieti	RB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino silvestre	PS	0,385	0,385	0	0,275	0	0	0	0,385	0,385	0,385	0,385	0	0
Pinete di pino montano	PN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinete di pino marittimo	PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rimboschimenti	RI	0,385	0,385	0	0,275	0	0	0	0,385	0,385	0,385	0,385	0	0
Lariceti e cembrete	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abetine	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peccete	PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti subalpini	OV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arbusteti planiziali collinari e montani	AS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella VI-8 - Classi di priorità

		Cure colturali		Ceduazione	Diradamento				Tagli di rinnovazione			
		Cure colturali	Ricostituzione boschiva, taglio fitosanitario o rinfoltimento		Diradamento	Conversione attiva	Diradamento e conversione	Gestione a ceduo composto	Taglio a scelta colturale	Tagli successivi adattati	Taglio a buche, a strisce, a fessura	Trasformazione
		CC	RB	CE	DR	CO	DC	CF	SC	SU	TB	TR
Castagneti	CA	4	4	1	3	3	3	3	2	2	2	2
Acero-tiglio-frassineti	AF	4	4	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Boscaglie pioniere e di invasione	BS	4	4	3	1	1	1	1	2	2	2	2
Faggete	FA	4	4	1	1	1	1	1	3	3	3	3
Pinete di pino silvestre	PS	4	4	5	1	5	5	2	1	1	1	1
Rimboschimenti	RI	4	4	5	1	5	5	5	1	1	1	1

## **VI.2. Valutazione della domanda locale**

L'analisi della domanda territoriale di cippatino vagliato è stata effettuata con l'ausilio della metodologia precedentemente descritta.

Lo studio, partendo da quanto già sviluppato, ha inserito maggior dettaglio nelle analisi, focalizzando l'attenzione sul mercato potenzialmente di interesse alla filiera oggetto di studio.

In particolare l'analisi ha individuato come mercato di potenziale interesse, i fabbisogni energetici di biomassa a servizio delle installazioni di caldaie a pellet previste nel periodo 2015÷2020.

Ad oggi infatti il cippato vagliato è individuato come potenziale sostituto del pellet principalmente su caldaie a servizio del settore residenziale, sulla base degli scenari di evoluzione della domanda di biomassa del settore sviluppati all'interno del progetto RENERFOR, si è quindi limitata l'attenzione alla valutazione dei consumi previsti per le sole caldaie a pellet.

Nell'ottica di valutare un potenziale massimo di sostituzione di impianti a pellet con impianti alimentati a cippatino vagliato è stato quindi valutato l'incremento di consumo di pellet a servizio di caldaie previsto nel quinquennio 2015÷2020.

Tale limite va quindi inteso come la soglia massima di domanda potenziale del territorio considerato.

I dati forniti nelle analisi sono stati aggregati su base comunale e riportati su database GIS per lo sviluppo delle analisi di scenario.

## **VI.3. Analisi di scenario**

L'analisi di scenario è stata effettuata sulla base delle seguenti ipotesi:

- Valutazione dell'offerta di biomassa forestale e produzione di cippato vagliato
- Valutazione della domanda locale di cippato vagliato;
- Elaborazione di scenari di filiera corta, valutando i fabbisogni secondo classi chilometriche di area di approvvigionamento del materiale forestale e distribuzione di cippato vagliato.

In particolare sono stati definiti differenti scenari, considerando le seguenti distanze chilometriche tra la sede di due distinte ditte forestali:

- Rossetto Legnami sita nel comune di Luserna San Giovanni;
- La Foresta soc. coop. sita nel comune di Susa.

L'analisi condotta all'interno di un progetto di ricerca dedicato, ha distinto l'analisi per un totale di 6 scenari chilometrici differenti

- Scenario 10 km
- Scenario 20 km
- Scenario 30 km
- Scenario 40 km
- Scenario 50 km
- Scenario >50 km

Per brevità di analisi, nel presente elaborato vengono fornite informazioni in merito al solo scenario: "Scenario 30 km" effettuato per la società Rossetto Legnami.

La valutazione delle distanze è stata effettuata mediante l'utilizzo e l'elaborazione di applicativi integrati (API) a servizi di analisi geografica online (Google Maps). L'analisi ha permesso a livello comunale di identificare le aree raggiungibili evitando la percorrenza di autostrade, cercando quindi di simulare al meglio la logistica della filiera analizzata.

I dati sono stati quindi riportati su ambiente GIS al fine di visualizzare le aree di scenario individuate nelle Province di Torino e Cuneo, come riportato in Figura VI-1.

.



## Distanza tra Rossetto Legnami e i comuni [km]

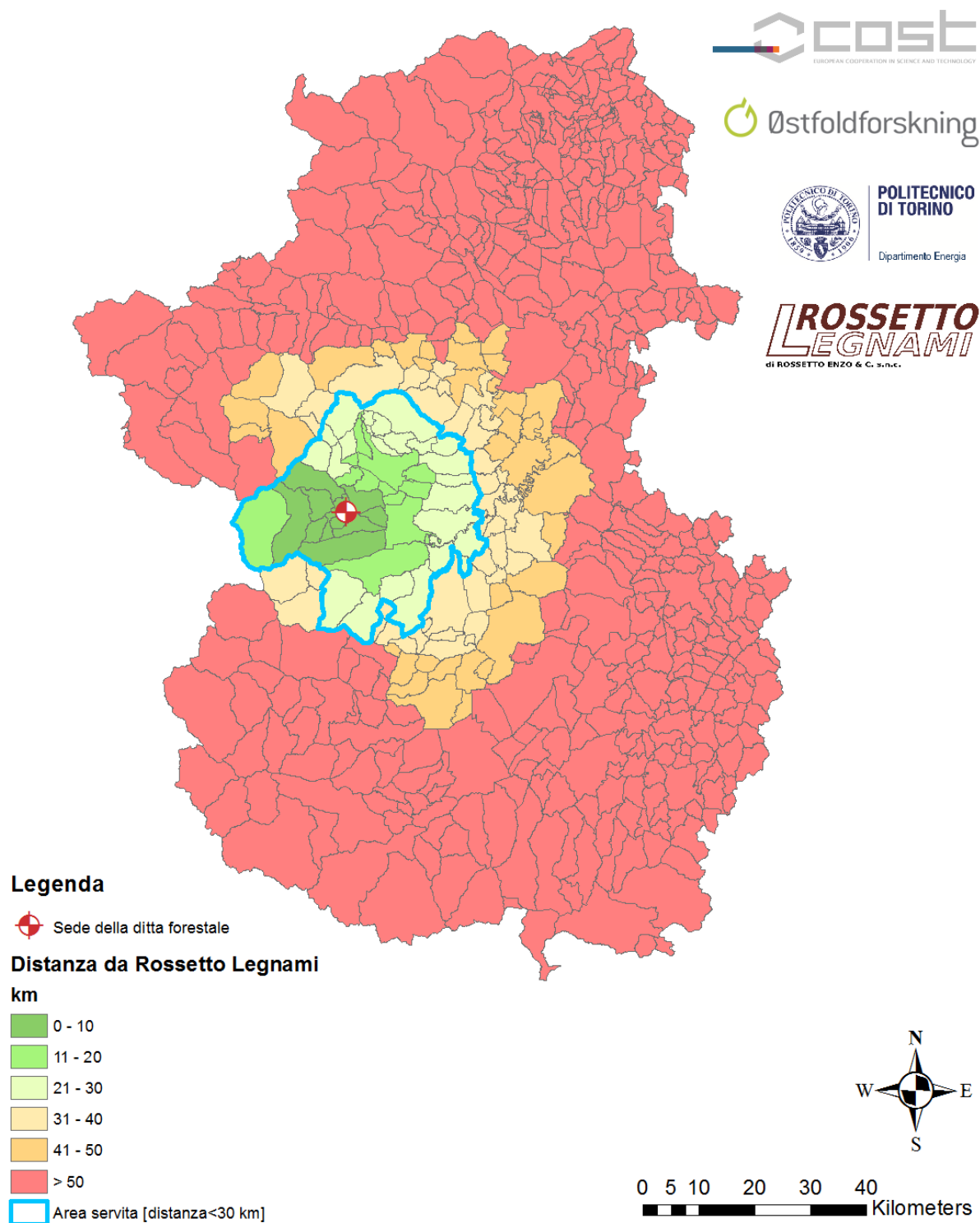


Figura VI-1 – Distanze su strada (senza percorrenza di autostrade) dalla sede di Rossetto Legnami e i centri comunali.

## Cippato vagliato prodotto da castagno ceduo Offerta vs domanda nell'area servita da Rossetto Legnami (30 km)

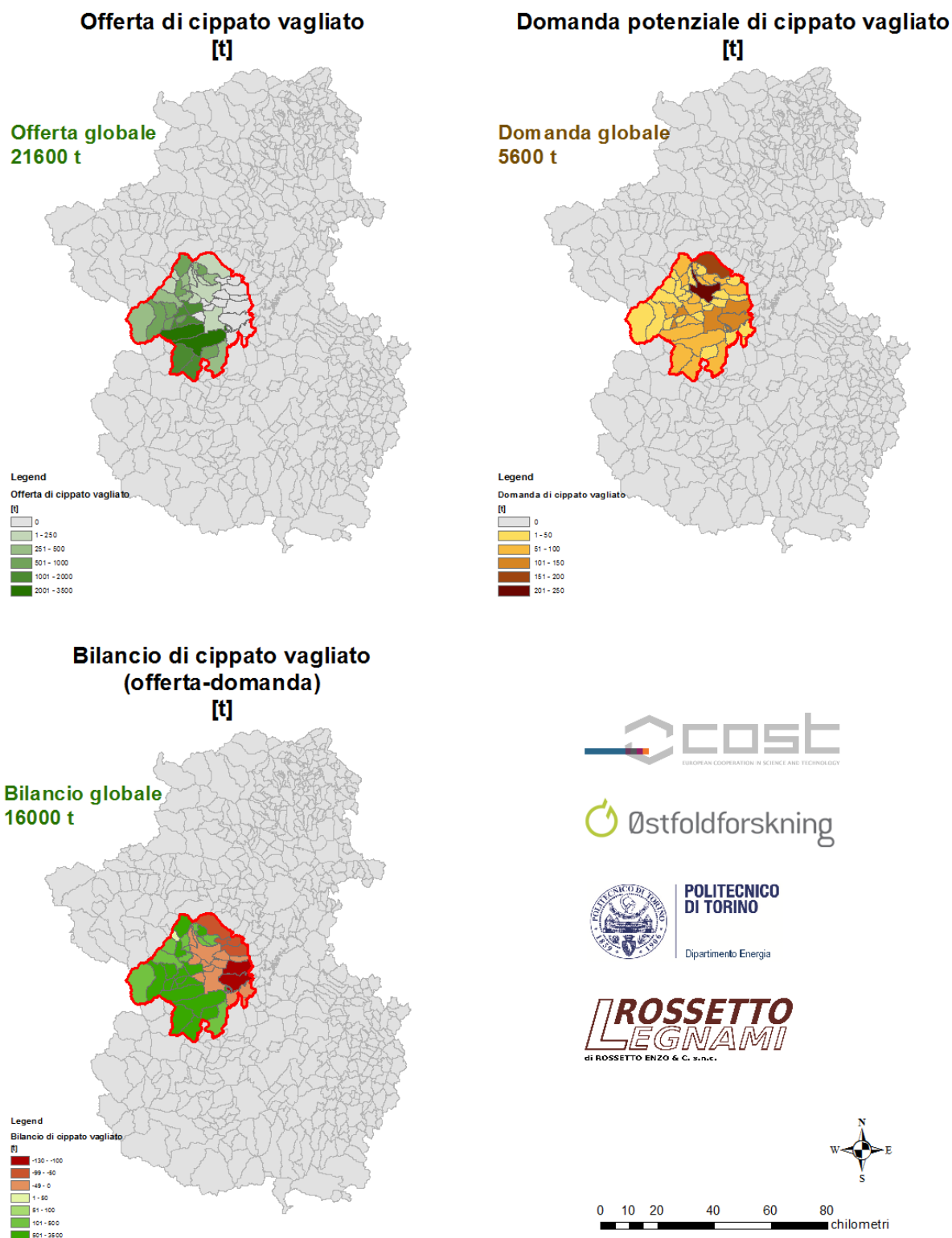


Figura VI-2 – Bilancio territoriale di domanda e offerta di cippato vagliato prodotto da castagno ceduo.

## VI.4. Valutazione della sostenibilità di filiera

Ai fini della valutazione della sostenibilità della filiera proposta quale alternativa all'attuale filiera di approvvigionamento di pellet, è stata condotta in collaborazione con l'istituto di ricerca Ostfoldforskning (<http://ostfoldforskning.no/>) un'analisi con metodologia LCA/LCSA al fine di comparare le due distinte filiere di approvvigionamento.

Lo studio pubblicato [33] è stato condotto all'interno di un progetto di collaborazione di Short Term Scientific Mission (STSM) supportato dalla COST ACTION "Innovative management and multifunctional utilization of traditional coppice forests - an answer to future ecological, economic and social challenges in the European forestry sector (EuroCoppice)".

L'attività condotta descritta all'interno della pubblicazione, ha permesso il rilievo in campo dei dati di consumo di differenti cantieri forestali gestiti dalle due ditte.

I risultati sono stati quindi comparati con filiere tipo di produzione di pellet, al fine di effettuare un confronto in termini di impatti di filiera dati dalla produzione di cippato e cippato vagliato.

Nell'analisi si precisa come non siano stati valutati i processi di essiccazione, sia nel caso di cippato vagliato che nel caso di produzione di pellet. Tale scelta è dovuta ad indagini condotte all'interno dello studio in esame, di realizzazione di processi di essiccazione solari, realizzabili sia in filiere di produzione di pellet che in filiere di produzione di cippato vagliato. Non avendo dati a disposizione in merito si è pertanto deciso di trascurare tale processo poiché equivalente in termini di consumi in entrambe le filiere analizzate.

Si riporta in Figura VI-3 l'estratto del report pubblicato, riportante il confronto in emissioni di gas serra dato dalle differenti filiere analizzate.

Sulla base delle indagini e misurazioni condotte è stato quindi possibile valutare la sostenibilità data dalla produzione di cippato vagliato nei confronti di filiere di pellet di importazione da Canada, ad oggi tra i maggiori paesi esportatori verso il mercato nazionale italiano.

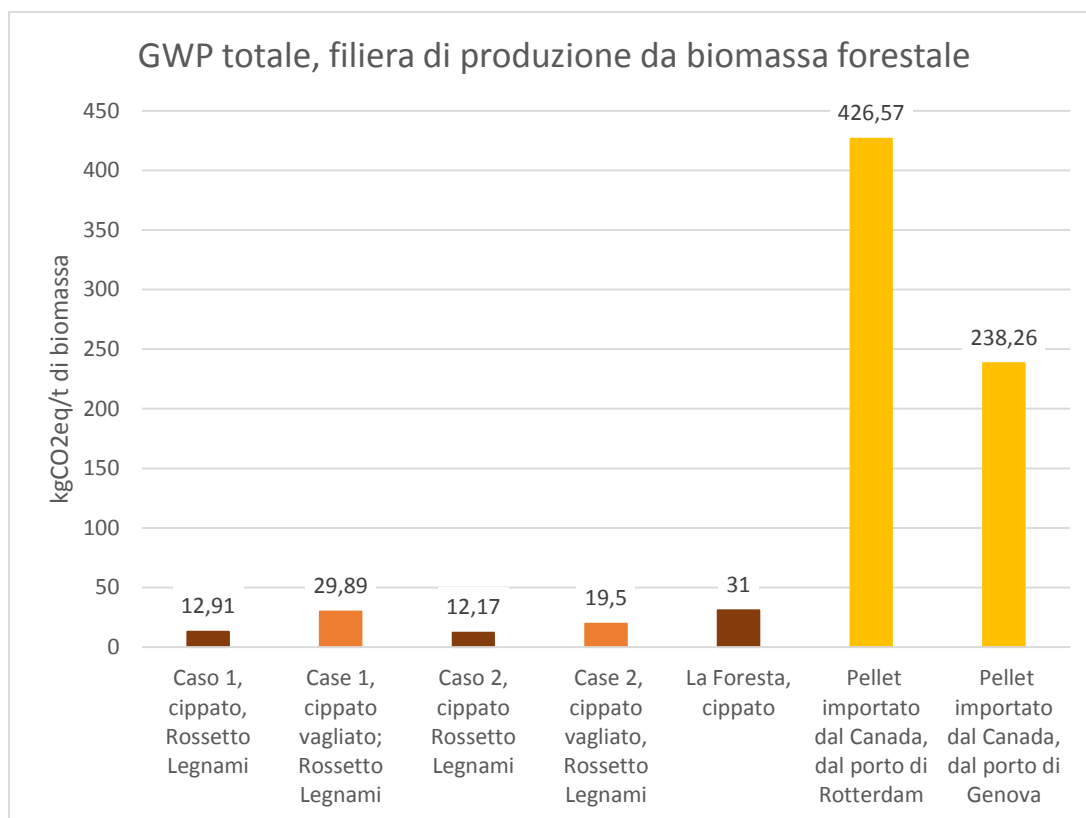


Figura VI-3 - Impatti di differenti filiere bosco-legna-energia monitorate nell'area oggetto di studio e confronto con filiere tradizionale di produzione di bio-combustibili.

## VI.5. Risultati conseguibili a livello di area RENERFOR

L'applicazione a livello di intera area di indagine (province di Torino e Cuneo), della sostituzione dei fabbisogni di pellet in caldaie previsti nel quinquennio 2015÷2020 permetterebbe un riallineamento dell'offerta di biomassa forestale da gestione sostenibile del territorio, con la richiesta da parte del territorio- In particolare si sottolinea come una maggiore infrastruttura, in termini di viabilità forestale, permetterebbe di sfruttare aree ad oggi non gestibili, riuscendo a garantire una copertura della domanda con risorse locali e sostenibili pari a circa il 68% nel caso di legna da ardere e 58% nel caso di pellet.

Si riportano in Figura VI-4Figura VI-5, e Figura VI-6i valori risultati dall'indagine.

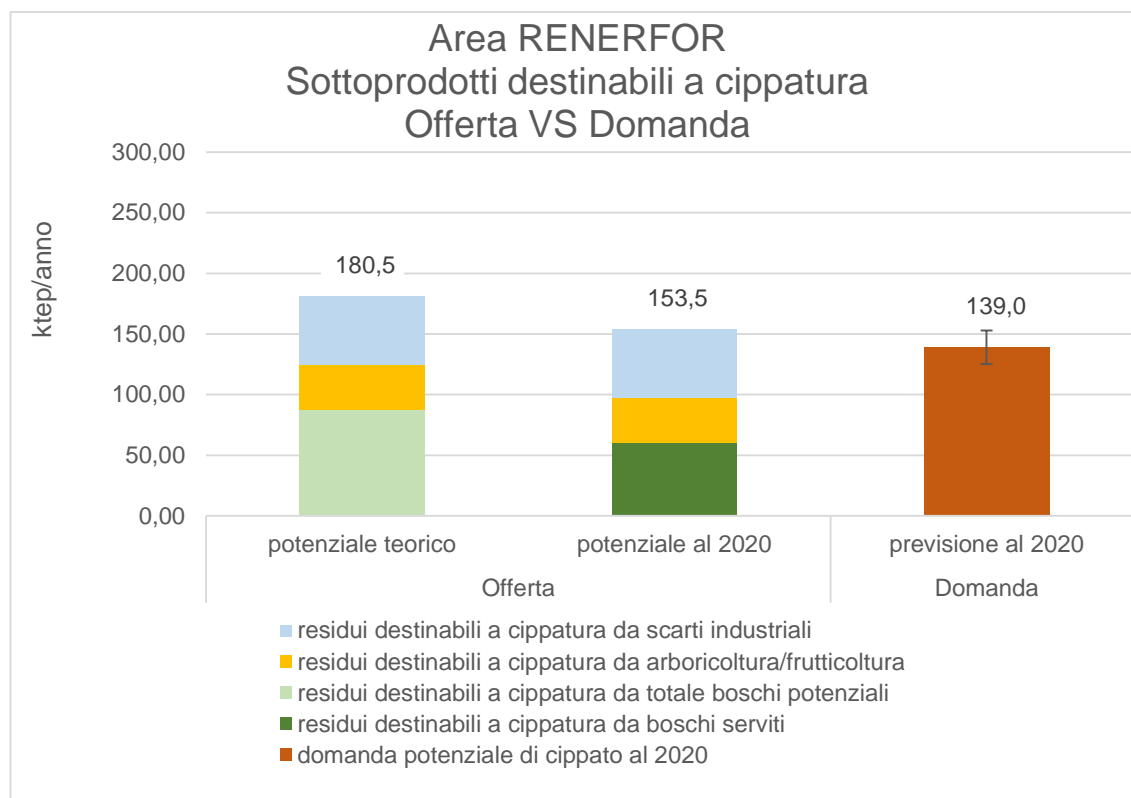


Figura VI-4 - Area RENERFOR - Sottoprodotti destinabili a cippatura, Offerta VS Domanda.

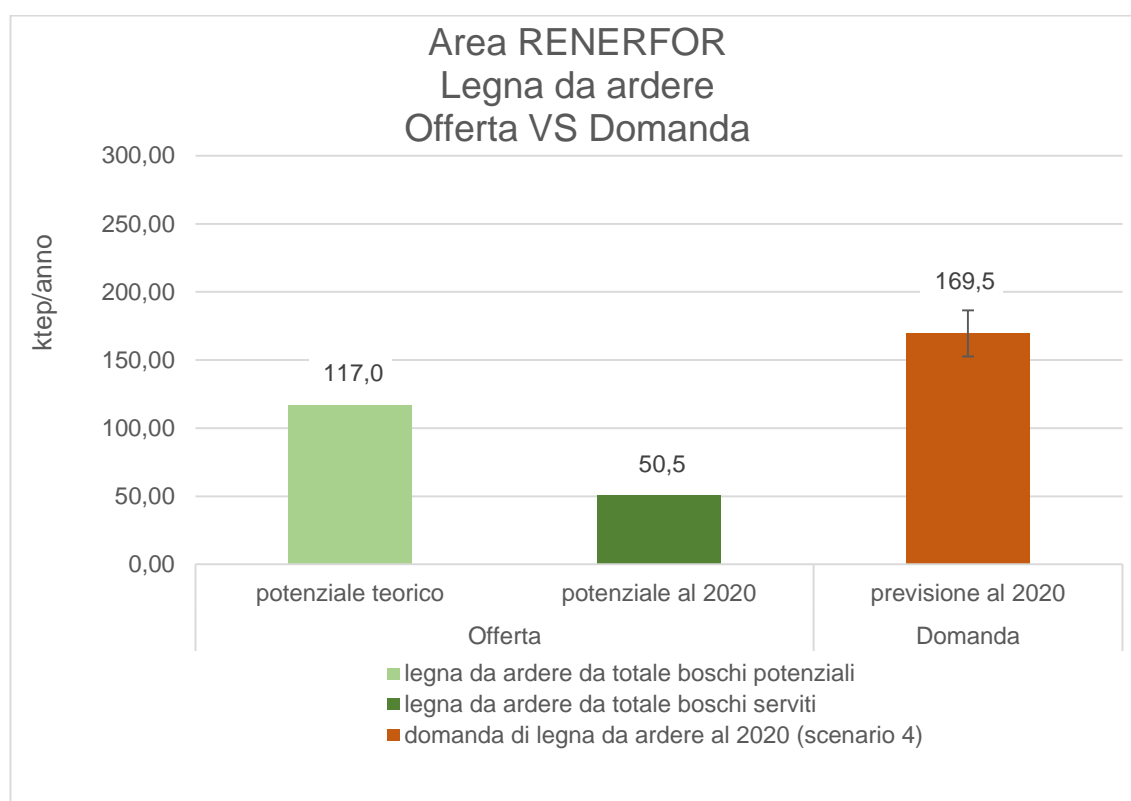


Figura VI-5 - Area RENERFOR - Legna da ardere, Offerta VS Domanda



## VII. Conclusioni

---

Lo sviluppo della metodologia descritta nel presente elaborato di tesi, inerente l'attività di dottorato condotta, ha permesso la validazione e l'applicazione di alcuni modelli innovativi rivolti alla pianificazione di filiere di biomassa forestale locale.

In particolare si sottolinea come il modello sviluppato all'interno del percorso di ricerca, ha permesso da un lato di incrementare la capacità di descrizione e analisi dei fabbisogni energetici di parchi edilizi di medie e grosse dimensioni, dall'altro ha introdotto la possibilità di realizzare analisi di scenario complesse, mediante il ricorso a tecniche di modellizzazione bottom-up a elevata scala di dettaglio.

Lo studio presentato, seppur dedicato nel presente studio alla sola attività pianificatoria di filiere bosco-legno-energia, è stato verificato essere un valido strumento di analisi anche di altri combustibili tracciabili (gas naturale) e non tracciabili (gasolio), nonché utile, come analizzato nel presente studio, ad attività di analisi pianificatoria di reti di teleriscaldamento.

L'applicazione dello strumento ai territori delle province di Torino e Cuneo ha permesso di testare inoltre la capacità di analisi di scenario, effettuata secondo la metodologia descritta. I risultati ottenuti rappresentano ad oggi, nell'ambito di valutazione dei consumi di biomassa forestale del settore residenziale, il risultato di maggiori dettaglio disponibile su scala nazionale. La metodologia proposta e applicata risulta già da oggi applicabile a realtà territoriali differenti da quelle oggetto di indagine, in quanto basata su database di dettaglio attualmente disponibili su scala nazionale.

Lo strumento inoltre, rispetto alle metodologie fino ad oggi utilizzate, basate su indagini di tipo statistico, consente un più rapido aggiornamento dei dati. L'utilizzo dei dati di rilevamento ISTAT consente inoltre l'aggiornamento del modello mediante upgrade del database di rilevamento territoriale con ridotti tempi di analisi dati.

Considerando i risultati di calcolo ottenuti dal modello è stato possibile comprendere come, per il territorio oggetto di indagine, lo sfruttamento della biomassa locale ai fini energetici non sia pianificato in termini di uso sostenibile delle risorse, ma diversamente sia orientato al raggiungimento dei vincoli imposti a livello comunitario e guidato dall'uso di combustibili di importazione, caratterizzati da costi di utilizzo ridotti rispetto ai combustibili tradizionali.

Questa mancanza di pianificazione locale ha portato negli anni ad un uso energetico della biomassa essenzialmente basato su uso non sostenibile delle risorse e forte dipendenza dall'estero.

L'analisi ha permesso inoltre di comprendere come una corretta attività di pianificazione nell'uso della biomassa forestale ai fini energetici debba necessariamente essere correlata a politiche volte ad una riduzione dei fabbisogni dei settori di utilizzo.

La valutazione delle politiche di scenario effettuate nel presente studio, ha permesso di valutare come attraverso interventi di efficientamento impiantistico e edilizio, rivolte al settore residenziale, l'uso della biomassa locale possa portare, attraverso un uso sostenibile delle risorse a ottimi risultati in termini di copertura dei fabbisogni del territorio.

I risultati ottenuti hanno inoltre consentito di comprendere come attraverso dinamiche di innovazione nel settore forestale, possa essere possibile sostituire parte dei fabbisogni ad elevata dipendenza da mercati esteri di importazione (pellet), con la valorizzazione di risorse locali ad oggi considerati marginali (cippato da legno). Tale possibilità, oltre a rappresentare un valido supporto al settore forestale, rappresenta una alternativa valida dal punto di vista della sostenibilità ambientale delle filiere energetiche realizzate, comportando una riduzione degli elevati impatti ambientali di filiera, propri degli attuali metodi di approvvigionamento della biomassa.

Il modello a seguito della fase di sviluppo e applicazione effettuata nell'ambito della presente attività di dottorato, è oggi oggetto di studio al fine di permettere l'integrazione della stima delle emissioni associate al parco dispositivi a biomassa a servizio del settore residenziale. Argomento di sempre maggior interessi per le regioni italiane affacciate al bacino padano, data la criticità dello stato di qualità dell'aria.



## VIII. Bibliografia

---

- [1] European Commission, "European Union, Climate and Energy Package," 2014. [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm).
- [2] European Commission, «2030 framework for climate and energy policies,» 2014. [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/index_en.htm).
- [3] U. Mantau, U. Saal, K. Prins, F. Steierer, M. Lindner, H. Verkerk, J. Eggers, N. Leek, J. Oldenburger, A. Asikainen and P. Anttila, "EUwood - Real potential for changes in growth and use of EU," Hamburg/Germany, June 2010.
- [4] P. J. Verkerk, P. Anttila, J. Eggersa, M. Lindner and A. Asikainen, "The realisable potential supply of woody biomass from forests in the European Union," *Forest Ecology and Management*, no. 261, pp. 2007-2015, 2011.
- [5] IPLA spa and Regione Piemonte, "Studio per la valutazione del legno utilizzabile come combustibile proveniente dalle foreste e dalle formazioni legnose fuori foresta e da altre fonti: conferma dati 2005 e approfondimento a livello provinciale," 2007.
- [6] IPLA and Regione Piemonte, "SIFOR - Applicazione per il calcolo della disponibilità potenziale delle risorse legnose derivanti dai boschi del Piemonte (CDLP) - Guida all'utilizzo," 2013. [Online]. Available: [http://www.sistemapiemonte.it/montagna/sifor/dwd/CDLP\\_Guida\\_utilizzo.pdf](http://www.sistemapiemonte.it/montagna/sifor/dwd/CDLP_Guida_utilizzo.pdf).
- [7] L. G. Swan and V. Ismet Ugursal, "Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 13, pp. 1819-1835, 2009.
- [8] M. Kavgic, A. Mavrogianni, D. Mumovic, A. Summerfield, Z. Stevanovic and M. Djurovic-Petrovic, "A review of bottom-up building stock models or energy consumption in the residential sector," *Building and Environment*, vol. 45, no. 7, pp. 1683-1697, 2010.
- [9] G. Dall'O', A. Galante and M. Torri, "A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale," *Energy and Buildings*, vol. 48, p. Pages 211–219, 2012.

- [10] E. G. Dascalaki, K. G. Droutsas, C. A. Balaras and S. Kontoyiannidis, "Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 12, p. 3400–3409, 2011.
- [11] I. Ballarini, S. P. Corgnati and V. Corrado, "Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA project," *Energy Policy*, no. 68, pp. 273-284, 2014.
- [12] G. Mutani and M. Pairona, "A model to evaluate the heating energy consumption for residential buildings in Turin," *L'ufficio tecnico*, vol. 5/2014, pp. 21-36, 2014.
- [13] O. Lindroos, "Residential use of firewood in Northern Sweden and its influence on forest biomass resources," *Biomass and Bioenergy*, no. 35, pp. 385-390, 2011.
- [14] ISTAT. [Online]. Available: <http://dawinci.istat.it/>.
- [15] G. V. Fracastoro and M. Serraino, "A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications," *Energy and Buildings*, vol. 43, no. 4, pp. 844-852, 2011.
- [16] *Legge 30 Aprile 1976, n. 373, Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici..*
- [17] *Legge 10 Gennaio 1991, n. 10, Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia..*
- [18] D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412, *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10*, 1993.
- [19] Provincia di Torino, "Ottavo Rapporto sull'Energia," Torino, 2012.
- [20] UNI, «UNI/TS 11300-1 Energy performance of buildings Part 1: Evaluation of energy need for space heating and cooling,» 2008.
- [21] ARPA. [Online]. Available: <http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/rilev/ariaday/annali/meteorologici>.

- [22] UNI, *UNI/TS 11300-2 Energy performance of buildings Part 2: Evaluation of primary energy need and of system efficiencies for space heating and domestic hot water production*, 2008.
- [23] G. V. Fracastoro e C. Andrea, «Indagine sull'utilizzo di dispositivi termici a fonti energetiche rinnovabili in provincia di Torino,» Provincia di Torino, Torino, 2012.
- [24] APAT and ARPA Lombardia, "Stima dei consumi di legna da ardere per riscaldamento ed uso domestico in Italia," 2008.
- [25] CECED Italia and StudiaBo, "The Italian industry of household and appliances in 2010," 2011.
- [26] Ministero dello Sviluppo Economico, *DECRETO 11 marzo 2008 coordinato con Decreto 26 gennaio 2010*, Roma, 2010.
- [27] Regione Piemonte, *D.G.R. 30 Gennaio 2012, n. 6-3315 - "Individuazione delle aree e dei siti non idonei all'installazione ed esercizio di impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da biomasse"*, Torino, 2012.
- [28] M. Noussan, G. Cerino Abdin, A. Poggio e R. Roberto, «Biomass-fired CHP and heat storage system simulations in existing district heating systems.,» *Applied Thermal Engineering*, vol. 71, n. 2, pp. 729-735, 2014.
- [29] A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta, L. Degiorgis, M. Noussan, R. Roberto, G. Stoppiello e A. Molino, *Rassegna tecnologica degli impianti energetici a biomassa legnosa forestale*, Torino: Regione Piemonte, 2013.
- [30] G. V. Fracastoro e A. Poggio, «Analisi dei servizi energetici locali - Attività di produzione di energia, Confronto con gli operatori del settore,» Agenzia per i servizi pubblici locali del Comune di Torino, Torino, 2009.
- [31] Provincia di Torino, «Quarto Rapporto sull'Energia,» Provincia di Torino, Torino, 2005.
- [32] A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta, L. Degiorgis, M. Noussan, R. Roberto, F. Gottero, A. Ebone, F. Mensio e M. Gianella, «Piano Stralcio per l'uso energetico della biomassa legnosa nel territorio montano delle Province di Torino e Cuneo - PSEBL piano di sviluppo dell'energia da biomasse legnose locali,» Regione Piemonte, Torino, 2013.

- [33] C. Valente, G. Cerino Abidin, A. Crocetta e A. Poggio, Sustainability assessment of chestnut and invaded coppice forests in Piedmont region (Italy), Kråkerøy: Østfoldforskning AS, 2014.
- [34] B. Zielinska and V. Samburova, "Residential and Non-Residential Biomass Combustion: Impacts on Air Quality," in *Encyclopedia of Environmental Health*, Burlington, Elsevier, 2011, pp. 819-827.
- [35] UNI, *UNI EN ISO 15927-6:2008 - Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Parte 6: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno)*.
- [36] The Council of the European Union, "Council conclusions on Energy Efficiency Plan," The Council of the European Union, Brussels, 2011.
- [37] A. Schueftan and A. D.González, "Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile associated with energy efficiency programs," *Energy Policy*, no. 63, p. 823–832, 2013.
- [38] Regione Piemonte, "Calcolo della disponibilità potenziale delle risorse legnose in Piemonte," 16 September 2013. [Online]. Available: <http://www.regione.piemonte.it/foreste/it/554-calcolo-della-disponibilita-potenziale-delle-risorse-legnose-in-piemonte.html>.
- [39] N. Meyer, "Particulate, black carbon and organic emissions from smallscale residential wood combustion appliances in Switzerland," *Biomass and Bioenergy*, no. 36, pp. 31-42, 2012.
- [40] A. P. Marsinko, D. R. Phillips and H. K. Cordell, "Determining Residential Firewood Consumption," *Environmental Management*, no. 06, pp. 359-365, 1984.
- [41] G. V. Fracastoro, V. Giaretto, M. C. Masoero and G. Pavoni, "A survey on the energy performance of the Turin buildings stock," in *Innovation for Energy Efficiency*, Newcastle upon Tyne, UK, 15-17 September 1987.
- [42] CTI, "CTI - R 3/2003 - Raccomandazione CTI: Prestazioni energetiche degli edifici. Climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari.," CTI, 2003.

- [43] D. Bélanger, P. Gosselin, P. Valois and B. Abdous, "Use of residential wood heating in a context of climate change: a population survey in Québec (Canada)," *BMC Public Health*, vol. 8, no. 184, 2008.
- [44] C. A. Balaras, A. G. Gaglia, E. Georgopoulou, S. Mirasgedis, Y. Sarafidis and D. P. Lalas, "European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings," *Building and Environment*, vol. 42, no. 3, p. 1298–1314, 2007.
- [45] Agenzia per i servizi pubblici locali del Comune di Torino, "Servizi energetici locali. Confronto con gli operatori del settore," Torino, 2009.
- [46] UNI, *UNI EN ISO 17225-4: Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile - Parte 4: Definizione delle classi di cippato di legno*, 2014.